

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-201998

(43)Date of publication of application : 19.07.2002

(51)Int.Cl. F02D 45/00
F02D 9/02
F02D 11/10
F02D 29/00
F02D 41/04
F02D 41/06
F02D 41/08
F02D 43/00

(21)Application number : 2001-299558

(71)Applicant : DENSO CORP

(22)Date of filing : 28.09.2001

(72)Inventor : YAGI TOYOJI

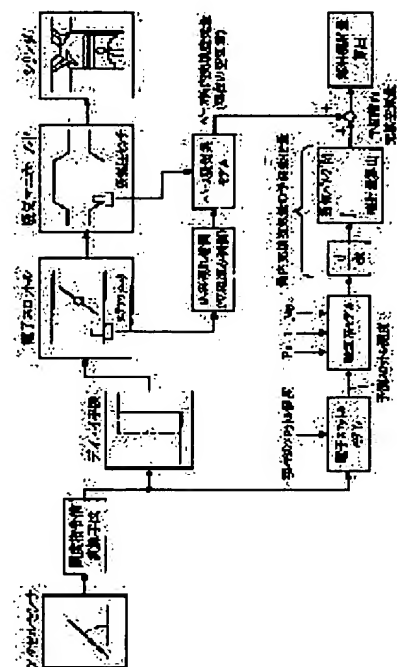
(30)Priority

Priority number : 2000342369 Priority date : 06.11.2000 Priority country : JP

(54) CONTROLLER OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the accuracy in operating the amount of the air charged in a cylinder in transition.
SOLUTION: An opening command value is determined corresponding to an accelerator operation amount or the like during the operation of an engine, and the output timing of the opening command value is delayed by a predetermined delay time. An estimated variation of a throttle opening is operated by an electronic throttle valve on the basis of the opening command value before delay, the estimated variation is added to the present throttle opening (the output of the throttle opening sensor) to determine an estimated throttle opening at an intake valve closing timing. Then the estimated amount of the air charged in the cylinder is temporarily operated by the intake system model on the basis of the estimated throttle opening, and the obtained amount is differentiated and integrated to operate the estimated variation of the amount of the air charged in the cylinder. The estimated variation is added to the amount of the air charged in a base cylinder operated by a base intake system model to determine the final estimated amount of the air charged in the cylinder (the amount of the air in the cylinder determined at the intake valve closing timing).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

29.10.2003

[Date of sending the examiner's decision of

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the internal combustion engine having the electronic throttle system which drives a throttle valve with a throttle actuator and controls a throttle opening An opening command value operation means to calculate an opening command value based on an accelerator control input etc., A delay means to delay the timing which outputs the opening command value calculated with said opening command value operation means to said throttle actuator, A throttle opening prediction means to predict a subsequent throttle opening before the delay output of this opening command value based on the opening command value before making it delayed with said delay means, and said electronic throttle system response delay property, A restoration air content prediction means in a cylinder to predict the restoration air content in a cylinder based on the throttle opening predicted with said throttle opening prediction means, The control unit of the internal combustion engine characterized by having a fuel-oil-consumption operation means to calculate fuel oil consumption based on the restoration air content in a cylinder predicted with said restoration air content prediction means in a cylinder.

[Claim 2] Said restoration air content prediction means in a cylinder is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 characterized by predicting the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing based on the throttle opening predicted with said throttle opening prediction means, adding to the restoration air content in a base cylinder which calculated this variation based on the current operation parameter, and predicting the restoration air content in a cylinder.

[Claim 3] Said restoration air content prediction means in a cylinder is the control unit of the internal combustion engine according to claim 2 characterized by to predict the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing using the inhalation-of-air system model which applied the law of mass conservation to the inhalation air which considers that throttle opening which inhalation air passes is an orifice, and flows a throttle passage air content and a throttle down-stream path in integrating the variation of the output of this inhalation-of-air system model to intake valve close timing.

[Claim 4] The formula which calculates a throttle passage air content with said inhalation-of-air system model is [Equation 1].

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a)$$

G_{in} : スロットル通過空気量[kg/sec]

μ : 流量係数

A : スロットル開口有効断面積[m²]

P_a : 大気圧[Pa]

P_m : 吸気圧[Pa]

R : 気体定数

T : 吸気温度[K]

$f(P_m/P_a)$: 吸気圧 P_m と大気圧 P_a の比で決まる物理値

$$A = \pi r^2 (1 - \cos^2 \theta)$$

r : スロットルバルブの半径[m]

θ : スロットル開度

In case it is alike, and is set up and said restoration air content prediction means in a cylinder calculates said throttle passage air content, $f(P_m/P_a)$ is P_m/P_a . It is the control unit of the internal combustion engine according to claim 3 characterized by computing from the table made into a parameter and computing $\mu \cdot A$ from the table which makes a throttle opening a parameter.

[Claim 5] The table of $f(P_m/P_a)$ used for the operation of said throttle passage air content It is set as an $f(P_m/P_a)$ = negative value at the time of $f(P_m/P_a) = 0$ $P_m/P_a > 1$ at the time of $f(P_m/P_a)$ = forward value $P_m/P_a = 1$ at the time of $P_m/P_a < 1$. Said restoration air content prediction means in a cylinder is the control unit of the internal combustion engine according to claim 4 characterized by having a means to equalize the operation value of said inhalation-of-air system model.

[Claim 6] Said delay means is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 to 5 characterized by setting the time delay of an opening command value as the time amount which deducted the dead time of said electronic throttle system from the time amount from the operation timing of the fuel oil consumption of a certain cylinder to the intake valve close timing of the cylinder concerned.

[Claim 7] Said delay means is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 to 6 characterized by outputting without delaying said opening command value when the time amount from the operation timing of the fuel oil consumption of a certain cylinder to the intake valve close timing of the cylinder concerned becomes shorter than the dead time of said electronic throttle system.

[Claim 8] Said delay means is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 to 7 characterized by outputting without delaying said opening command value when an automatic transmission corresponds to either of the neutral conditions at the inside of the predetermined time immediately after start up, and the time of idle operation at the time of start up.

[Claim 9] Said throttle opening prediction means is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 to 8 characterized by predicting the throttle opening after an opening command value delay output using the electronic throttle model containing the lag unit and rate limiter more than primary [which considers the opening command value before making it delayed with said delay means as an input].

[Claim 10] Said throttle opening prediction means is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 to 9 characterized by predicting the variation of the throttle opening to intake valve close timing using said electronic throttle model, adding this variation to a current throttle opening, and predicting the throttle opening of intake valve close timing.

[Claim 11] Said fuel-oil-consumption operation means is the control unit of the internal combustion engine according to claim 1 to 10 characterized by having a means to amend fuel oil consumption according to operational status, and switching the correction factor to fuel oil consumption by the time of the load effect by

accelerator actuation, and the case of being other.

[Claim 12] In the internal combustion engine having the electronic throttle system which drives a throttle valve with a throttle actuator and controls a throttle opening An opening command value operation means to calculate an opening command value based on an accelerator control input etc., A throttle opening prediction means to predict the throttle opening of intake valve close timing based on the opening command value calculated with said opening command value operation means, and said electronic throttle system response delay property, A restoration air content prediction means in a cylinder to predict the restoration air content in a cylinder based on the throttle opening predicted with said throttle opening prediction means, The control unit of the internal combustion engine characterized by having a fuel-oil-consumption operation means to calculate fuel oil consumption based on the restoration air content in a cylinder predicted with said restoration air content prediction means in a cylinder.

[Claim 13] Said restoration air content prediction means in a cylinder is the control unit of the internal combustion engine according to claim 12 characterized by predicting the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing based on the throttle opening predicted with said throttle opening prediction means, adding to the restoration air content in a base cylinder which calculated this variation based on the current operation parameter, and predicting the restoration air content in a cylinder.

[Claim 14] A restoration air content operation means in a base cylinder to calculate the restoration air content in a base cylinder based on a current operation parameter, The inhalation-of-air system model which applied the law of mass conservation to the inhalation air which considers that throttle opening which inhalation air passes is an orifice, and flows a throttle passage air content and a throttle down-stream path is used. A variation prediction means to predict the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing based on the variation of the output of this inhalation-of-air system model, A restoration air content prediction means in a cylinder to add the variation predicted with said variation prediction means to the restoration air content in a base cylinder calculated with said restoration air content operation means in a base cylinder, and to predict the restoration air content in a cylinder, The control unit of the internal combustion engine characterized by having a fuel-oil-consumption operation means to calculate fuel oil consumption based on the restoration air content in a cylinder predicted with said restoration air content prediction means in a cylinder.

[Claim 15] An intake-air-flow detection means to detect the flow rate of the inhalation air which flows an internal combustion engine's inhalation-of-air path, The inhalation-of-air system model which simulated the behavior of inhalation air until the inhalation air which passed the throttle valve flows in a cylinder is used. It has an operation means to input the output of said intake-air-flow detection means into this inhalation-of-air system model, and to calculate the restoration air content in a cylinder which is the output of this inhalation-of-air system model. The time constant of said inhalation-of-air system model The control unit of the internal combustion engine characterized by setting air content change as a small value so that a actual twist may also appear at an early stage.

[Claim 16] A means to presume the current restoration air content in a cylinder based on a current throttle opening, A throttle opening prediction means to predict a future throttle opening, and a means to predict the future restoration air content in a cylinder based on said future throttle opening, A means to add to the restoration air content in a base cylinder which calculated the deflection of said future restoration air content in a cylinder, and said current restoration air content in a cylinder based on the current operation parameter, and to calculate the final restoration air content in a prediction cylinder, The control unit of the internal combustion engine characterized by having a fuel-oil-consumption operation means to calculate fuel oil consumption based on said final restoration air content in a prediction cylinder.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the control unit of the internal combustion engine which improved the operation approach of an internal combustion engine's restoration air content in a cylinder.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to correspond to the emission gas clarification regulation which becomes severer future still, it is necessary to high-degree-of-accuracy-ize Air Fuel Ratio Control (fuel-injection control), to calculate the air content (restoration air content in a cylinder) with which it fills up in an engine cylinder with a sufficient precision for that purpose, and to set up the proper fuel oil consumption corresponding to the restoration air content in a cylinder. The operation approach of current and the restoration air content in a cylinder currently generally used detects an intake air flow with the air flow meter installed in the upstream of a throttle valve, and is divided roughly into the method (mass flow method) which calculates the restoration air content in a cylinder from the detection value, and the method (speed density method) which detects an intake pressure by the intake-pressure sensor, and calculates the restoration air content in a cylinder from an intake pressure and an engine speed.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, the timing which the restoration air content in a cylinder decides is intake valve close timing which an intake stroke ends, and the timing which computes fuel oil consumption is a front [timing / intake valve close] (it is because it is necessary to perform fuel injection before intake valve close timing to make an injection fuel inhale in a cylinder). Even if it computes the restoration air content in a cylinder by which approach of the conventional mass flow method mentioned above and a speed density method, therefore, to a transient The restoration air content in a cylinder changes from the calculation timing of fuel oil consumption before intake valve close timing (definite timing of the restoration air content in a cylinder). Consequently, the ratio (air-fuel ratio) of the actual restoration air content in a cylinder and the fuel quantity which flows in a cylinder shifts from a target air-fuel ratio, and there is a fault that the Air Fuel Ratio Control precision of a transient worsens.

[0004] This invention is made in consideration of such a situation, therefore the object is in offering the control unit of the internal combustion engine which can raise the Air Fuel Ratio Control precision of a transient.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, this invention predicts the throttle opening of intake valve close timing (definite timing of the restoration air content in a cylinder), predicts the restoration air content in a cylinder based on the prediction throttle opening, and calculates fuel oil consumption based on the restoration air content in a prediction cylinder. Here, the change of the restoration air content in a cylinder of the reason using a throttle opening as a parameter which predicts the restoration air content in a cylinder is mainly because change of a throttle opening is generated as the origin and change of the restoration air content in a cylinder can be predicted with a sufficient response from change of a throttle opening to a transient.

[0006] It becomes possible to predict the throttle opening of intake valve close timing (definite timing of the restoration air content in a cylinder) by delaying moderately the timing which outputs an opening command value to a throttle actuator with a delay means in the internal combustion engine having the electronic throttle system which drives a throttle valve with a throttle actuator and controls a throttle opening like claim 1. Under

the present circumstances, what is necessary is just to predict a subsequent throttle opening before the delay output of this opening command value based on the opening command value before making it delayed with a delay means, and an electronic throttle system response delay property, since response delay (dead time) exists in actuation of an electronic throttle system. It can become possible to predict the throttle opening of intake valve close timing with a sufficient precision, and to predict the restoration air content in a cylinder with a sufficient precision from the prediction throttle opening by this, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

[0007] By the way, the approach of predicting the restoration air content in a cylinder from a prediction throttle opening has the advantage that the responsibility of a transient is good, but on the other hand it has the inclination for the forecast at the time of a stationary to shift from a actual value according to dispersion in an electronic throttle system, aging, a service condition, etc. Moreover, at the time of a stationary, since the restoration air content in a cylinder does not change, the restoration air content in a cylinder calculated based on current operation parameters (an intake air flow, intake pressure, etc.) is in agreement with the restoration air content in a cylinder decided to subsequent intake valve close timing.

[0008] Then, it is good to predict the variation (a part for transient change) of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing based on a prediction throttle opening, to add to the restoration air content in a base cylinder which calculated this variation based on the current operation parameter, and to predict the restoration air content in a cylinder like claim 2. If it does in this way, it will become possible to predict the restoration air content in a cylinder with a sufficient precision by both the time of a stationary, and the transient.

[0009] Furthermore, it is good to predict the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing using the inhalation-of-air system model which applied the law of mass conservation to the inhalation air which considers like claim 3 that throttle opening which inhalation air passes is an orifice, and flows a throttle passage air content and a throttle down-stream path in integrating the variation of the output of this inhalation-of-air system model to intake valve close timing. By using such an inhalation-of-air system model, the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing can be predicted with a sufficient precision by comparatively easy data processing.

[0010] In this case, the formula which calculates a throttle passage air content with an inhalation-of-air system model is good like claim 4 to use a degree type.

[0011]

[Equation 2]

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a)$$

G_{in} : スロットル通過空気量[kg/sec]

μ : 流量係数

A : スロットル開口有効断面積[m²]

P_a : 大気圧[Pa]

P_m : 吸気圧[Pa]

R : 気体定数

T : 吸気温度[K]

$f(P_m/P_a)$: $P_m/P_a > 1$ のとき $f(P_m/P_a) = \text{負の値}$

$$A = \pi r^2 (1 - \cos^2 \theta)$$

r : スロットルバルブの半径[m]

θ : スロットル開度

[0012] In case a throttle passage air content is calculated, $f(P_m/P_a)$ is P_m/P_a . It computes from the table made

into a parameter, and you may make it compute μ -A from the table which makes a throttle opening a parameter. Thereby, data processing of an inhalation-of-air system model type becomes very easy.

[0013] Like claim 5, furthermore, the table of $f(P_m/P_a)$ It is good to set it as an $f(P_m/P_a) = \text{negative value}$ at the time of $f(P_m/P_a) = 0$ at the time of $f(P_m/P_a) = \text{forward value}$ $P_m/P_a = 1$ at the time of $P_m/P_a < 1$, and to equalize the operation value of an inhalation-of-air system model. If $f(P_m/P_a)$ is set to $f(P_m/P_a) = 0$ at the time of $P_m/P_a > 1$ although it does not become a negative value physically so that it may mention later, they are P_m/P_a . There is an inclination which the operation value of an inhalation-of-air system model vibrates, and hunting generates at the time of heavy load operation changed in the one neighborhood. This cause is P_m/P_a . They are [that the rate of change of $f(P_m/P_a)$ becomes large in the field of the one neighborhood, and] operation top P_m / P_a at the time of heavy load operation. Since $f(P_m/P_a)$ is guarded by 0 whenever it becomes one or more, it is because change of f at the time of heavy load operation (P_m/P_a) becomes irregular.

[0014] As this cure, it is $f(P_m/P_a) = \text{negative a value}$, then P_m/P_a like claim 5 at the time of $P_m/P_a > 1$. At the time of heavy load operation changed in the one neighborhood, change of $f(P_m/P_a)$ will become regular. For this reason, by equalizing the operation value of an inhalation-of-air system model, the operation value of the inhalation-of-air system model at the time of heavy load operation can be stabilized, and hunting can be prevented.

[0015] moreover, time delay T_{dly} of the opening command value delayed with a delay means like claim 6 Time amount T_{inj} from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of the fuel oil consumption of a certain cylinder to the intake valve close timing of the cylinder concerned from -- it is good to set it as the time amount ($T_{dly} = T_{inj} - T_{th}$) which deducted the dead time T_{th} of an electronic throttle system. It is the time delay T_{dly} of an opening command value so that the throttle opening of intake valve close timing may be made in agreement with a prediction throttle opening, if it does in this way. It can set up and the operation of a prediction throttle opening becomes easy.

[0016] In this case, the dead time T_{th} of an electronic throttle system is the time amount T_{inj} from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of fuel oil consumption to intake valve close timing, although it does not change even if a throttle actuation rate changes. It becomes so short that an engine speed becomes a high revolution. For this reason, at the time of a high revolution, it is the time amount T_{inj} from the operation timing of fuel oil consumption to intake valve close timing. There is a possibility of becoming shorter than the dead time T_{th} of an electronic throttle system.

[0017] This point is taken into consideration and it is the time amount T_{inj} from the operation timing of fuel oil consumption to intake valve close timing like claim 7. When becoming shorter than the dead time T_{th} of an electronic throttle system, it is good to make it output without delaying an opening command value. If it does in this way, while not performing useless throttle delay control at the time of a high revolution, the throttle responsibility at the time of a high revolution can also be raised.

[0018] Moreover, like claim 8, when an automatic transmission corresponds to either of the neutral conditions in the predetermined time immediately after start up at the time of idle operation at the time of start up, it is good to make it output without delaying an opening command value. The time of start up, and immediately after start up, essentially, since the engine revolution is unstable, when throttle delay control by which an opening command value is delayed is performed, there is a possibility that engine revolution fluctuation may become still larger. Moreover, at the time of idle operation, in order for idle rotational-speed control (ISC) to operate and to carry out feedback control of the idle rotational speed, when throttle delay control is performed, there is a possibility that idle rotational-speed control may interfere with throttle delay control, and an idle revolution may become instability. Moreover, since an operator may perform racing (an engine carrying out a fore blow) when an automatic transmission is in a neutral condition, when it is in a neutral condition and throttle delay control is performed, the start of an engine speed is overdue at the time of racing activation, and there is a possibility that accelerator responsibility and acceleration nature may impress an operator with it being bad.

[0019] Therefore, if it is made not to perform throttle delay control like claim 8 when it is the operational status in which the adverse effect by throttle delay control appears (at the time [At the time / At the time of start up / of idle operation] of a neutral), the adverse effect by throttle delay control can be lost.

[0020] Moreover, in case the throttle opening after the delay output of this opening command value is predicted like claim 9 using the opening command value before making it delayed with a delay means, it is good to

predict a throttle opening using the electronic throttle model containing the lag unit and rate limiter more than primary [which considers the opening command value before making it delayed as an input]. Although it is generally difficult to carry out physical modeling of this at a precision since an electronic throttle system has complicated structure By simulating an electronic throttle system response delay property with the lag unit more than primary, and simulating the marginal property of the actuation rate of a throttle valve by the rate limiter Even if it can build the easy electronic throttle model of data processing and does not high-performance-ize especially CPU of an electronic throttle system, the prediction operation of a throttle opening is attained.

[0021] Moreover, a throttle opening forecast may shift from a actual value according to dispersion in an electronic throttle system, aging, a service condition, etc. Then, the variation of the throttle opening to intake valve close timing is predicted using an electronic throttle model, and this variation is added to a current throttle opening, and you may make it predict the throttle opening of intake valve close timing like claim 10. If it does in this way, it will become possible to lessen the throttle opening prediction error by the above-mentioned cause, and to predict a throttle opening with a sufficient precision.

[0022] Moreover, in case fuel oil consumption is amended according to operational status, you may make it switch the correction factor to fuel oil consumption like claim 11 by the time of the load effect by accelerator actuation, and the case of being other. That is, since this invention can predict the restoration air content in a cylinder with a sufficient precision to the load effect by accelerator actuation, it can lessen amendment to fuel oil consumption. However, since the load effect by the time of shifting an automatic transmission from a neutral range to a drive range, power steering, a brake, an air-conditioner, etc. cannot be predicted from an accelerator control input, it is desirable to make [many] amendment to fuel oil consumption to these load effects.

[0023] Therefore, if the correction factor to fuel oil consumption is switched like claim 11 by the time of the load effect by accelerator actuation, and the case of being other, amendment of fuel oil consumption can be rationalized according to the cause of a load effect.

[0024] Although invention concerning claims 1-11 explained above was made to perform throttle delay control, based on the opening command value and the electronic throttle system response delay property which were calculated based on the accelerator control input etc., the throttle opening of intake valve close timing is predicted, and you may make it predict the restoration air content in a cylinder like claim 12 based on this throttle opening, without performing throttle delay control. Even if such, it can become possible to predict a throttle opening using the dead time of an electronic throttle system, and to predict the restoration air content in a cylinder with a sufficient precision from the prediction throttle opening, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

[0025] It is good to add to the restoration air content in a base cylinder which predicted the variation (a part for transient change) of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing like claim 13 based on the prediction throttle opening, and calculated this variation also in this case based on the current operation parameter, and to predict the restoration air content in a cylinder. If it does in this way, it will become possible to predict the restoration air content in a cylinder with a sufficient precision by both the time of a stationary, and the transient.

[0026] Although claims 1-13 explained above apply this invention to an internal combustion engine with an electronic throttle system In the case of the mechanical-cable-type throttle system which interlocks a throttle opening with accelerator actuation mechanically Like claim 14, while calculating the restoration air content in a base cylinder based on a current operation parameter The inhalation-of-air system model which considers that throttle opening is an orifice and calculates a throttle passage air content from a current throttle opening etc. is used. Based on the variation of the output of this inhalation-of-air system model, the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing is predicted, this variation is added to the restoration air content in a base cylinder, the restoration air content in a cylinder is predicted, and you may make it calculate fuel oil consumption based on this restoration air content in a cylinder. Also in the case of a mechanical-cable-type throttle system, if it does in this way, the operation precision of the restoration air content in a cylinder can be raised conventionally, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

[0027] Moreover, although the inhalation-of-air system model which calculates the restoration air content in a cylinder from a throttle opening was used in above-mentioned claims 1-14, when using the inhalation-of-air system model which calculates the restoration air content in a cylinder from the output (inhalation air content) of an intake-air-flow detection means (air flow meter), it is good like claim 15 for air content change to set the

time constant of an inhalation-of-air system model as a small value also for a actual twist so that it may appear at an early stage. Thus, if the time constant of an inhalation-of-air system model is made small, the effectiveness as predicting the future restoration air content in a cylinder that a actual twist also has it since change of the restoration air content in a cylinder calculated with the inhalation-of-air system model appears at an early stage will be acquired. [same] Thereby, the operation precision of the restoration air content in a cylinder of a transient can be raised conventionally, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

[0028] By the way, at claim 2 and claim 13 which were mentioned above, although the variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing was predicted based on the prediction throttle opening, since operation parameters, such as engine rotational speed, change after predicting the variation of the restoration air content in a cylinder based on a prediction throttle opening before [intake valve close timing], the predictability of the restoration air content in a cylinder falls to a transient under the effect.

[0029] As this cure, like claim 16, while presuming the current restoration air content in a cylinder based on a current throttle opening Predict a future throttle opening and the future restoration air content in a cylinder is predicted based on a future throttle opening. The deflection (equivalent to the prediction variation of the restoration air content in a cylinder) of said future restoration air content in a cylinder, and said current restoration air content in a cylinder It adds to the restoration air content in a base cylinder calculated based on the current operation parameter, the final restoration air content in a prediction cylinder is calculated, and you may make it calculate fuel oil consumption based on this final restoration air content in a prediction cylinder. If it does in this way, the prediction variation of the restoration air content in a cylinder can be calculated with a sufficient precision from deflection with the restoration air content in a cylinder by which the present was presumed to be a future restoration air content in a cylinder, and the predictability of the restoration air content in a cylinder can be improved. Because, the current restoration air content in a presumed cylinder is because information, such as the newest engine speed, is taken into consideration. (In claim 2 grade, it is the variation of the forecast of the restoration air content in a cylinder, and the value which becomes origin is calculated in the past.)

[0030]

[Embodiment of the Invention] <<operation gestalt (1)>> The operation gestalt (1) of this invention is hereafter explained based on drawing 1 thru/or drawing 19 .

[0031] First, based on drawing 1 , the outline configuration of the whole control system of the engine 11 which is an internal combustion engine is explained. The upstream of the inlet pipe 12 of an engine 11 is equipped with an air cleaner 13, and the air flow meter 14 which measures an inhalation air content is installed in the downstream. The supply current to a heat ray is controlled so that this air flow meter 14 keeps constant the temperature gradient of the temperature of a heat ray and the intake-air temperature which the heat ray (not shown) and intake-air-temperature sensing element (not shown) which are arranged in the flow of inhalation air are built in, and are cooled with inhalation air. According to the heat release of a heat ray which changes according to an intake air flow, the supply current to a heat ray changes by this, and the voltage signal according to this supply current is outputted as an intake-air-flow signal.

[0032] A throttle valve 15 is formed in the downstream of this air flow meter 14, and the motors 17 (throttle actuator), such as a DC motor, are connected with rotation shaft 15a of this throttle valve 15. And the opening (throttle opening) of a throttle valve 15 is controlled by driving force of this motor 17, and this throttle opening is detected by the throttle opening sensor 18.

[0033] In this case, a throttle opening is controlled by driving force of a motor 17, the inhalation air content at the time of idle operation is controlled by it also at the time of idle operation, and it carries out feedback control so that an engine speed may be made in agreement with target idle rotational speed. The throttle control at the time of this idle operation is idle rotational-speed control (ISC). In addition, idle rotational-speed control prepares an idle rotational-speed control bulb (ISC bulb) in the bypass path which bypasses a throttle valve 15, and it controls the opening of this idle rotational-speed control bulb, and you may make it control a bypass air content (inhalation air content at the time of idle operation) at the time of idle operation.

[0034] On the other hand, the intake-pressure sensor 16 which detects an intake pressure is installed in the downstream of a throttle valve 15. Moreover, a fuel injection valve 20 is attached in the inlet manifold 19 which introduces into each cylinder of an engine 11 the inhalation air which passed the throttle valve 15, and the ignition plug 21 is attached in the cylinder head of each cylinder of an engine 11. The periphery of the signal

rotor 23 attached in the crankshaft 22 of an engine 11 is countered, the crank angle sensor 24 is installed, the pulse of the engine revolution speed signal Ne outputted from this crank angle sensor 24 is incorporated by the electronic control unit (ECU) 25, and an engine speed is detected by the generating frequency of this engine revolution speed signal Ne.

[0035] On the other hand, the amount of treading in of an accelerator pedal 26 (accelerator control input) is detected by the accelerator sensor 27, and the voltage signal according to this accelerator control input is incorporated by the electronic control unit 25 through A/D converter 28. Moreover, the output of an air flow meter 14, the intake-pressure sensor 16, and the various sensors of throttle opening sensor 18 grade is also incorporated by the electronic control unit 25 through A/D converter 28.

[0036] It is performing the various programs for throttle control which this electronic control unit's 25 is constituted considering the microcomputer equipped with CPU29, ROM30, and RAM31 grade as a subject, and are memorized by ROM30 by CPU29. At the time of the usual throttle control, feedback control of the motor 17 is carried out by PID control etc. through the motorised circuit 32 according to the opening command value (target throttle opening) set up based on the accelerator control input etc. A throttle opening is controlled by driving force of this motor 17 to an opening command value. In addition, all over the energization way from the motorised circuit 32 to a motor 17, the safety circuit 46 which consists of a relay etc. is formed, at the time of the abnormalities of an electronic throttle system, this safety circuit 46 operates and the energization to a motor 17 is intercepted.

[0037] Furthermore, this electronic control unit 25 is performing each routine of drawing 10 memorized by ROM30 thru/or drawing 18 by CPU29. While performing throttle delay control mentioned later, the throttle opening of intake valve close timing (definite timing of the restoration air content in a cylinder) is predicted. The restoration air content in a cylinder is predicted based on the prediction throttle opening, fuel oil consumption is calculated based on the restoration air content in a prediction cylinder, the injection pulse of the pulse width according to the result of an operation is outputted to the actuation circuit 45, and the injection time (fuel oil consumption) of a fuel injection valve 20 is controlled.

[0038] The operation approach of the fuel oil consumption by this electronic control unit 25 is explained based on drawing 2 thru/or drawing 9. Drawing 2 is the block diagram showing the outline of the prediction approach of throttle delay control and the restoration air content in a cylinder. During engine operation, an accelerator control input is detected by the accelerator sensor 27, and an opening command value (target throttle opening) is set up by the map etc. according to an accelerator control input etc. with an opening command value operation means. This opening command value is predetermined time Tdly with a delay means. It is delayed and is outputted to the motorised circuit 32 of an electronic throttle system. time delay Tdly of this opening command value it is shown in drawing 3 -- as -- time amount Tinj from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of the fuel oil consumption TAU of a certain cylinder to the intake valve close timing of the cylinder concerned from -- it is set as the time amount (Tdly = Tinj - Tth) which deducted the dead time Tth of an electronic throttle system.

[0039] In this case, the dead time Tth of an electronic throttle system is the time amount Tinj from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing, although it does not change even if a throttle actuation rate changes. It becomes so short that an engine speed becomes a high revolution. For this reason, at the time of a high revolution, it is the time amount Tinj from the operation timing of fuel oil consumption to intake valve close timing. There is a possibility of becoming shorter than the dead time Tth of an electronic throttle system.

[0040] This point is taken into consideration and it is the time amount Tinj from the operation timing of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing at this operation gestalt (1). When becoming shorter than the dead time Tth of an electronic throttle system, it outputs without delaying an opening command value.

[0041] Opening command value phitotal before making it delayed with a delay means on the other hand It is inputted into an electronic throttle model. This electronic throttle model consists of the electronic throttle dynamic-model section and variation operation part, as shown in drawing 4. while this electronic throttle dynamic-model section simulates an electronic throttle system response delay property with a second-order lag element [$\omega^2/(s^2 + 2\zeta\omega + \omega^2)$] -- the marginal property of the actuation rate of a throttle valve 15 -- a rate limiter -- simulating -- opening command value phitotal before delay from -- prediction throttle opening θ_{fa} It calculates. Two integral elements (1/s) of a second-order lag element are rectangle integrals.

In addition, in order to simplify data processing, it may replace with a second-order lag element, and a first order lag element may be used.

[0042] Moreover, the variation operation part of an electronic throttle model consists of a derivative element (d/dt) and an integral element (integral), is a derivative element (d/dt), and is the sampling time T_s of the output (prediction throttle opening) of the electronic throttle dynamic-model section. It asks for the difference of a between, and it is integrating an integral element (integral) with this difference, and prediction variation $\Delta\theta$ of a throttle opening is calculated. Under the present circumstances, the time amount which integrates an integral element (integral) with difference is the time amount T_{inj} from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing. It is the larger one of the dead time T_{th} of an electronic throttle system. Thereby, prediction variation $\Delta\theta$ of the throttle opening outputted from variation operation part becomes the prediction variation of the throttle opening to intake valve close timing (or after dead-time T_{th} progress).

[0043] An electronic throttle model adds prediction variation $\Delta\theta$ of the throttle opening outputted from variation operation part to the current throttle opening θ (output of the throttle opening sensor 18), and is prediction throttle opening θ_f of intake valve close timing (or after dead-time T_{th} progress). It asks and is this prediction throttle opening θ_f . It outputs to an inhalation-of-air system model.

[0044] As this inhalation-of-air system model is shown in drawing 5, it consists of prediction throttle passage air content operation part, prediction intake-pressure operation part, and the restoration air content operation part in a prediction cylinder, and prediction throttle passage air content operation part considers that throttle opening which inhalation air passes is an orifice, and calculates the prediction throttle passage air content G_{in} from a prediction throttle opening etc. moreover, prediction intake-pressure operation part -- the prediction throttle passage air content G_{in} to prediction intake pressure P_m calculating -- the restoration air content operation part in a prediction cylinder -- prediction intake pressure P_m from -- the restoration air content G_{cf} in a prediction cylinder is calculated. Prediction throttle passage air content operation part is expressed with the formula of the following orifice.

[0045]

[Equation 3]

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a) \quad \text{----(1)}$$

G_{in} : スロットル通過空気量[kg/sec]

μ : 流量係数

A : スロットル開口有効断面積[m²]

P_a : 大気圧[Pa]

P_m : 吸気圧[Pa]

R : 気体定数

T : 吸気温度[K]

$$A = \pi r^2 (1 - \cos^2 \theta) \quad \text{----(2)}$$

r : スロットルバルブの半径[m]

θ : スロットル開度

$$P_m \leq \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \cdot P_a \text{ の時}$$

$$f(P_m/P_a) = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa + 1} \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}} \quad \text{----(3)}$$

$$P_m > \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \cdot P_a \text{ の時}$$

$$f(P_m/P_a) = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa - 1} \left\{ \left(\frac{P_m}{P_a} \right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{P_m}{P_a} \right)^{\frac{\kappa + 1}{\kappa}} \right\}} \quad \text{----(4)}$$

κ : 比熱比

[0046] Here, $f(P_m/P_a)$ is P_m/P_a , in order to simplify data processing, although you may calculate by the top type. It is good to compute from the table made into a parameter. The table of $f(P_m/P_a)$ is expressed with a curve as shown in drawing 6 when maximum is normalized as 1. Since this $f(P_m/P_a)$ does not become a negative value physically so that clearly from the above-mentioned (3) formula and (4) types, it has been set as $f(P_m/P_a) = 0$ in the example of drawing 6 at the time of $P_m/P_a > 1$.

[0047] However, when it is made $f(P_m/P_a) = 0$ at the time of $P_m/P_a > 1$, there is an inclination which the operation value (the throttle passage air content G_{in} , the prediction intake pressure P_m , and restoration air content G_{cf} in a prediction cylinder) of an inhalation-of-air system model vibrates, and hunting generates at the time of heavy load operation to which P_m/P_a is changed in the one neighborhood as shown in drawing 8. This cause is P_m/P_a . Since $f(P_m/P_a)$ is guarded by 0 whenever P_m/P_a becomes one or more on an operation at the time of heavy load operation for the rate of change of $f(P_m/P_a)$ to become large in the field of the one neighborhood, it is because change of f at the time of heavy load operation (P_m/P_a) becomes irregular.

[0048] As this cure, with this operation gestalt (1), the table of $f(P_m/P_a)$ is set up, as shown in drawing 7. That is, it is set as an $f(P_m/P_a) = \text{negative value}$ at the time of $f(P_m/P_a) = 0$ $P_m/P_a > 1$ at the time of $f(P_m/P_a) = \text{forward value}$ $P_m/P_a = 1$ at the time of $P_m/P_a < 1$. Thereby, the table of $f(P_m/P_a)$ serves as a symmetrical change property which ** reverses bordering on $P_m/P_a = 1$.

[0049] If the table of $f(P_m/P_a)$ of a change property like drawing 7 is used, change of $f(P_m/P_a)$ will become regular at the time of heavy load operation to which P_m/P_a is changed in the one neighborhood. For this reason, by equalizing the operation value (the throttle passage air content G_{in} , the prediction intake pressure P_m , or restoration air content G_{cf} in a prediction cylinder) of an inhalation-of-air system model, as shown in drawing 9, the output (restoration air content G_{cf} in a prediction cylinder) of the inhalation-of-air system model at the time of heavy load operation can be stabilized, and hunting can be prevented.

[0050] Intake pressure P_m inputted into prediction throttle passage air content operation part Although the last prediction intake pressure $P_m(i-1)$ calculated by prediction intake-pressure operation part is used, you may make it use the output of the intake-pressure sensor 16.

[0051] Moreover, with this operation gestalt (1), although the throttle opening effective sectional area A used for the operation of the prediction throttle passage air content G_{in} may compute the throttle opening θ by substituting it for the aforementioned (2) formula, in order to simplify data processing, multiplication value $\mu \cdot A$ of a flow coefficient μ and the throttle opening effective sectional area A is computed from the table which makes a prediction throttle opening a parameter.

[0052] Next, prediction intake pressure P_m The operation approach of the restoration air content G_{cf} in a prediction cylinder is explained. If the law of conservation of mass is applied to the flow of the inhalation air which flows the inhalation-of-air path (henceforth a "throttle down-stream inhalation-of-air path") from a throttle valve 15 to the inlet port of an engine 11, the relation expressed with the following (5) types will be obtained.

$$d/dt-Q_m = G_{in} - G_{cf} \dots (5)$$

Here, it is Q_m . The air content in a throttle down-stream inhalation-of-air path, and $d/dt-Q_m$ A prediction throttle passage air content and G_{cf} of the variation of the air content in a throttle down-stream inhalation-of-air path and G_{in} are the restoration air contents in a prediction cylinder.

[0053] Moreover, if a gaseous equation of state is applied to a throttle down-stream inhalation-of-air path, the relation expressed to the following (6) equations will be obtained.

$$G_{cf} = \eta \cdot (N_e/2) \cdot V_c - (Q_m/VIM) \dots (6)$$

η : Volumetric efficiency N_e : Engine speed V_c : Cylinder-capacity VIM : Content volume of a throttle down-stream inhalation-of-air path [0054] Here, volumetric efficiency η is the engine speed N_e which is a parameter with an intake air flow and a correlation in order to change with intake air flows. Intake pressure P_m It is based and is set up on a map etc. P_m used here It is the last value P_m of a prediction intake pressure ($i-1$).

$$\eta = f(N_e \text{ and } P_m)$$

[0055] Moreover, model time constant τ_{IM} of an inhalation-of-air system model is expressed with the following (7) types.

$$\tau_{IM} = 2 \text{ and } VIM / (V_c \text{ and } \eta \cdot N_e) \dots (7)$$

The following (8) types are drawn from the above-mentioned (5) - (7) type.

$$d/dt-Q_m = G_{in} - Q_m / \tau_{IM} \dots (8)$$

[0056] The above-mentioned (8) formula is discretized as follows, in order to be able to carry out data processing of this with an electronic control unit 25, since it is continuous system.

$$\{Q_m(i) - Q_m(i-1)\} / T_s = G_{in}(i) - Q_m(i-1) / \tau_{IM} \dots (9)$$

Here, it is T_s . It is the sampling time.

[0057] If this (9) type is arranged, it is the air content Q_m in a throttle down-stream inhalation-of-air path. Operation expression is drawn as follows.

$$Q_m(i) = \{G_{in}(i) - Q_m(i-1) / \tau_{IM}\} \text{ and } T_s + Q_m(i-1) \text{ [kg]} \dots (10)$$

[0058] moreover -- if a gaseous equation of state is applied to a throttle down-stream inhalation-of-air path -- air content Q_m in a throttle down-stream inhalation-of-air path from -- prediction intake pressure P_m The equation to calculate is drawn as follows.

$$P_m = Q_m \text{ and } R \cdot T / VIM \text{ [Pa]} \dots (11)$$

R : Gas constant T : the above-mentioned (10) formula and (11) types are used for the prediction intake-pressure operation part of an intake-air-temperature inhalation-of-air system model, and it is the prediction intake pressure P_m . It calculates.

[0059] The operation expression of the restoration air content G_{cf} in a prediction cylinder expressed with the following (12) types is drawn from the above-mentioned (11) formula and (6) types.

$$G_{cf} = \eta \cdot V_c \cdot P_m / (2 \text{ and } R \cdot T) \text{ [kg/rev]} \dots (12)$$

The restoration air content operation part in a prediction cylinder of an inhalation-of-air system model calculates the temporary restoration air content G_{cf} in a prediction cylinder using the above-mentioned (12) formula.

[0060] As shown in drawing 2, it is inputted into a derivative element (d/dt), the difference between the

sampling times t_s is called for, and the difference integrates an integral element (integral) with the output (temporary restoration air content G_{cf} in a prediction cylinder) of an inhalation-of-air system model. the reset time -- time amount T_{inj} from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing it is . The value with which the integral element (integral) was integrated is prediction variation ΔG_c of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing. It becomes a value considerable the bottom and is this prediction variation ΔG_c . It adds to the restoration air content G_{base} in a base cylinder calculated with the base inhalation-of-air system model, and the final restoration air content G_c (restoration air content in a cylinder decided to intake valve close timing) in a prediction cylinder is calculated.

[0061] Next, the operation approach of the restoration air content in a base cylinder is explained. This restoration air content in a base cylinder is a current restoration air content in a cylinder calculated based on the output (intake air flow) of an air flow meter 14. Therefore, the variation of the restoration air content in a cylinder by change of the throttle opening from current to intake valve close timing (definite timing of the restoration air content in a cylinder) is not contained in this restoration air content in a base cylinder. Although there is an advantage that the operation precision of the restoration air content in a cylinder at the time of a stationary is good since the method of calculating the restoration air content in a cylinder generally serves as a restoration air content in an intake-air-flow = cylinder from the output of an air flow meter 14 at the time of a stationary Since the response delay (for example, response delay according [the case of the air flow meter 14 of a heat type] to the own heat mass of the sensor section of an air flow meter 14) of an air flow meter 14 exists, a transient has the fault that the responsibility of a transient is bad.

[0062] So, with this operation gestalt (1), in order to raise the responsibility of a transient, the response delay of the output of an air flow meter 14 is compensated with a response delay compensator (phase-lead-compensation element), the output of this response delay compensator is inputted into a base inhalation-of-air system model, and the restoration air content G_{base} in a base cylinder which is the output of this base inhalation-of-air system model is calculated. The transfer function of this base inhalation-of-air system model is expressed with the following first-order-lag type.

$G_{base} = 1/(1 + \tau_{IM}s)$, output τ_{IM} of the restoration air-content G_{dlay} :response delay compensator in a $G_{dlay}G_{base}$:base cylinder: Time constant [0063] Time constant τ_{IM} of this base inhalation-of-air system model is expressed with a degree type.

$\tau_{IM} = 2\pi \sqrt{VIM/(V_c \text{ and } \eta - N_e)}$

content volume V_c of the inhalation-of-air path of the VIM:throttle downstream : cylinder capacity η : -- volumetric efficiency N_e : an engine speed -- engine speed N_e which is a parameter with an intake air flow and a correlation here since volumetric efficiency η changes with intake air flows Based on an intake pressure P (output of the intake-pressure sensor 16), it is set up on a map etc.

[0064] Prediction variation ΔG_c of the restoration air content G_{base} in a base cylinder calculated with such a base inhalation-of-air system model, and the restoration air content in a cylinder calculated from the prediction throttle opening etc. It integrates, the final restoration air content G_c (restoration air content in a cylinder decided to intake valve close timing) in a prediction cylinder is calculated, and it is this restoration air content G_c in a prediction cylinder. Fuel oil consumption is set up according to an engine speed etc.

[0065] The function of each block of drawing 2 explained above is realized by each routine of drawing 10 thru/or drawing 18 . Hereafter, the content of processing of each routine is explained to a detail.

[0066] The main routine of [main routine] drawing 10 is performed a predetermined period after ON of an ignition switch. Opening command value ϕ_{total} set up according to the accelerator control input etc. when this routine was started, the throttle delay control routine of drawing 11 mentioned later was performed at step 100 and the execution condition of throttle delay control was satisfied first Predetermined time T_{dly} Throttle delay control to delay is performed. Then, the restoration air content operation routine in a prediction cylinder of drawing 12 which progresses to step 200 and is mentioned later is performed, and the restoration air content G_c (restoration air content in a cylinder decided to intake valve close timing) in a prediction cylinder is calculated.

[0067] Then, it progresses to step 300, a basic injection-quantity operation routine (not shown) is performed, and it is the restoration air content G_c in a prediction cylinder. Engine speed N_e It responds and is the basic injection quantity T_p by a map etc. It calculates. Then, it is the basic injection quantity T_p about various kinds of correction factors K_c , such as the fuel correction factor [as opposed to / perform the injection-quantity

amendment routine of drawing 18 which progresses to step 400 and is mentioned later, and / a load effect] Kload (acceleration-and-deceleration correction factor), an air-fuel ratio feedback correction factor, and a water temperature correction factor. Multiplication is carried out and final fuel oil consumption is calculated.

[0068] The throttle delay control routine of [throttle delay control-routine] drawing 11 is a subroutine performed at step 100 of the main routine of drawing 10 . If this routine is started, first, it responds to an accelerator control input (output of the accelerator sensor 27) etc. at step 101, and is opening command value phitotal. It sets up. under the present circumstances, opening command value phitotal Demand opening phipedal according to an accelerator control input Demand opening phiisc by idle rotational-speed control (ISC) etc. -- it integrates and asks for various demand openings.

$\text{phitotal} = \text{phipedal} + \text{phiisc}$ [0069] Processing of this step 101 plays a role of an opening command value operation means as used in the field of a claim.

[0070] Then, it progresses to step 102 and judges whether throttle delay control prohibition conditions are satisfied. it is that the time of that it is predetermined within a time [immediately after the time of ** start up or start up] as throttle delay control prohibition conditions here, for example and ** idle operation or an accelerator control input is small, that ** automatic transmission is in a neutral condition, etc., if there are conditions which correspond at least one of these conditions, throttle delay control prohibition conditions will be satisfied, and when other, throttle delay control prohibition conditions become abortive.

[0071] The time of start up, and immediately after start up, since the engine revolution is unstable, when throttle delay control is performed essentially, there is a possibility that engine revolution fluctuation may become still larger. Moreover, at the time of idle operation, in order for idle rotational-speed control (ISC) to operate and to carry out feedback control of the idle rotational speed, when throttle delay control is performed, there is a possibility that idle rotational-speed control may interfere with throttle delay control, and an idle revolution may become instability. Moreover, since an operator may perform racing (an engine carrying out a fore blow) when an automatic transmission is in a neutral condition, when it is in a neutral condition and throttle delay control is performed, the start of an engine speed is overdue at the time of racing activation, and there is a possibility that accelerator responsibility and acceleration nature may impress an operator with it being bad.

[0072] So, with this operation gestalt (1), the adverse effect by throttle delay control is lost by forbidding throttle delay control, when it is the operational status in which the adverse effect by throttle delay control appears (at the time [At the at the time of idle operation immediately after start up] of a neutral). [At the time of start up]

[0073] If judged with throttle delay control prohibition conditions being satisfied at step 102, throttle delay control will be forbidden, and it will progress to step 103, and will output to the motorised circuit 32, without delaying current (newest) opening command value phitotal (i).

[0074] On the other hand, at step 102, if judged with throttle delay control prohibition conditions being abortive, throttle delay control will be carried out as follows by processing after step 104. First, it is opening command value phitotal at step 104. Time delay Tdly It determines. under the present circumstances, time delay Tdly it is shown in drawing 3 -- as -- time amount Tinj from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing from -- it is set as the time amount (Tdly = Tinj - Tth) which deducted the dead time Tth of an electronic throttle system. However, time amount Tinj from the operation timing of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing When becoming shorter than a dead time Tth (in the case of Tinj - Tth < 0), it is a time delay Tdly. It is referred to as 0.

[0075] Then, it progresses to step 105 and is a time delay Tdly. The inner number Cdly of samplings It calculates by the degree type.

$\text{Cdly} = \text{Tdly} / \text{Ts}$ -- here -- Ts It is the sampling time.

[0076] Then, it progresses to step 106 and is a time delay Tdly from current. The inner number Cdly of samplings Opening command value phitotal (i - Cdly) calculated before is outputted to the motorised circuit 32. thereby -- opening command value phitotal output timing -- time delay Tdly only -- you make it delayed Processing of these steps 102-106 plays a role of a delay means as used in the field of a claim.

[0077] The restoration air content operation routine in a prediction cylinder of [restoration air content operation routine in prediction cylinder] drawing 12 R> 2 is a subroutine performed at step 200 of the main routine of drawing 11 , and plays a role of a restoration air content operation means in a prediction cylinder as used in the field of a claim.

[0078] If this routine is started, first, at step 201, the prediction intake-pressure operation routine of drawing 13 mentioned later will be performed, and the prediction intake pressure P_m (intake pressure of intake valve close timing) will be calculated. Then, it progresses to step 202 and is the prediction intake pressure P_m . It uses and is the restoration air content G_{cf} in a prediction cylinder (i) by the degree type. It calculates.

$G_{cf}(i) = \eta - V_c - P_m / (2 \text{ and } R - T)$ [kg/rev]

η : Volumetric efficiency V_c : Cylinder-capacity R : gas constant T : Intake-air temperature [0079] Then, it progresses to step 203 and judges whether throttle delay control prohibition conditions are satisfied by the same approach as step 102 of drawing 11. It progresses to step 204 from step 203, without carrying out throttle delay control, when throttle delay control prohibition conditions are satisfied, and is prediction variation ΔG_c of the restoration air content in a cylinder from the operation timing of fuel oil consumption to intake valve close timing. It is set as 0.

[0080] On the other hand, when throttle delay control prohibition conditions are abortive, throttle delay control is carried out by the throttle delay control routine of drawing 11, and it progresses to step 205 from step 203, and is the prediction time amount T_{inj} . The inner number C_p of samplings It calculates by the degree type. $C_p = T_{inj} / T_s$ -- here -- prediction time amount T_{inj} the time amount from the operation timing of fuel oil consumption to intake valve close timing -- it is -- T_s It is the sampling time.

[0081] Then, it progresses to step 206 and is prediction variation ΔG_c of the restoration air content G_{cf} in a cylinder from the operation timing of fuel oil consumption to intake valve close timing. It calculates by the degree type.

$\Delta G_c = G_{cf}(i) - G_{cf}(i - C_p)$ -- here -- $G_{cf}(i)$ this restoration air content in a prediction cylinder (that is, restoration air content in a prediction cylinder of the operation timing of intake valve close timing) -- it is -- $G_{cf}(i - C_p)$ -- current -- prediction time amount T_{inj} The inner number C_p of samplings It is the restoration air content in a cylinder (that is, restoration air content in a cylinder of the operation timing of fuel oil consumption) calculated before.

[0082] Prediction variation ΔG_c It progresses to step 207 after an operation, the restoration air content operation routine in a base cylinder (not shown) is performed, and the restoration air content G_{base} in a base cylinder is calculated. Under the present circumstances, the response delay of the output of an air flow meter 14 is compensated with a response delay compensator (phase-lead-compensation element), and the restoration air content G_{base} in a base cylinder is calculated with the following transfer function using the output G_{dlay} of this response delay compensator.

$G_{base} = 1 / (1 + \tau_{IM} s)$, and G_{dlay} -- here, τ_{IM} is a time constant. Although the operation expression of the restoration air content in a base cylinder is expressed with the continuous system in order that a top type may simplify explanation, an electronic control unit 25 calculates the restoration air content G_{base} in a base cylinder using the formula discretized in the top type.

[0083] Then, prediction variation ΔG_c for which progressed to step 208 and this restoration air content G_{base} in a base cylinder was asked at the above-mentioned step 206 It adds and is the final restoration air content G_c in a prediction cylinder. It asks.

$G_c = G_{base} + \Delta G_c$ [0084] The prediction intake-pressure operation routine of [prediction intake-pressure operation routine] drawing 13 is a subroutine performed at step 201 of the restoration air content operation routine in a prediction cylinder of drawing 12. If this routine is started, first, at step 211, the prediction throttle passage air content operation routine of drawing 14 mentioned later will be performed, and the prediction throttle passage air content G_{in} will be calculated. Then, the inhalation-of-air system model time constant operation routine of drawing 16 $R > 6$ which progresses to step 212 and is mentioned later is performed, and model time constant τ_{IM} of an inhalation-of-air system model is calculated. Then, it progresses to step 213 and is the air content Q_m in a throttle down-stream inhalation-of-air path. It calculates by the degree type. $Q_m(i) = \{G_{in}(i) - Q_m(i-1) / \tau_{IM}\}$ and $T_s + Q_m(i-1)$ -- here -- $Q_m(i)$ -- the air content in this throttle down-stream inhalation-of-air path, the air content in the throttle down-stream inhalation-of-air path of last time $[Q_m / (i-1)]$, and T_s It is the sampling time.

[0085] then, the step 214 -- progressing -- air content Q_m in a throttle down-stream inhalation-of-air path from - - prediction intake pressure P_m It calculates by the degree type.

$P_m = Q_m$ and $R - T / VIM$ -- here, R is [an intake-air temperature and VIM of a gas constant and T] the content volume of a throttle down-stream inhalation-of-air path.

[0086] Then, it is the prediction intake pressure P_m by progressing to step 215 and computing the average of this prediction intake pressure $P_m(i)$ and the last prediction intake pressure $P_m(i-1)$. It equalizes.

$P_m(i) = \{P_m(i) + P_m(i-1)\} / 2$ [0087] The prediction throttle passage air content operation routine of [prediction throttle passage air content operation routine] drawing 14 is a subroutine performed at step 211 of the prediction intake-pressure operation routine of drawing 13. If this routine is started, the prediction throttle opening operation routine of drawing 15 mentioned later is first performed at step 221, and it is prediction throttle opening θ_{af} of intake valve close timing. It calculates. Then, it progresses to step 222 and atmospheric pressure P_a , an intake-air temperature T , and the last prediction intake pressure $P_m(i-1)$ are read.

[0088] Then, it progresses to step 223 and the prediction throttle passage air content G_{in} is calculated by the degree type.

[0089]

[Equation 4]

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a)$$

G_{in} : スロットル通過空気量[kg/sec]

μ : 流量係数

A : スロットル開口有効断面積[m²]

P_a : 大気圧[Pa]

P_m : 吸気圧[Pa]

R : 気体定数

T : 吸気温度[K]

$f(P_m/P_a)$: 吸気圧 P_m と大気圧 P_a の比で決まる物理値

[0090] Under the present circumstances, $\mu \cdot A$ is prediction throttle opening θ_{af} . Computing from the table made into a parameter, $f(P_m/P_a)$ is P_m/P_a . It computes from the table of drawing 7 made into a parameter. Intake pressure P_m The last prediction intake pressure $P_m(i-1)$ is used, and, as for atmospheric pressure P_a and an intake-air temperature T , the detection value of a sensor is used, respectively. In addition, atmospheric pressure P_a A standard atmosphere (fixed value) may be used.

[0091] The prediction throttle opening operation routine of [prediction throttle opening operation routine] drawing 15 $R > 5$ is a subroutine performed at step 221 of the prediction throttle passage air content operation routine of drawing 14, and plays a role of a prediction throttle opening operation as used in the field of a claim.

[0092] If this routine is started, first, it responds to an accelerator control input etc. at step 231, and is opening command value ϕ_{total} . It sets up. under the present circumstances, opening command value ϕ_{total} Demand opening $\phi_{hipedal}$ according to an accelerator control input Demand opening ϕ_{hiisc} by idle rotational-speed control (ISC) etc. -- it integrates and asks for various demand openings.

$\phi_{total} = \phi_{hipedal} + \phi_{hiisc}$ [0093] Then, it is opening command value ϕ_{total} before delay by the electronic throttle dynamic-model section and variation operation part of the electronic throttle model which progresses to step 232, progresses to step 233 after reading the present throttle opening θ detected by the throttle opening sensor 18, and is shown in drawing 4. It uses and prediction variation $\Delta\theta$ of a throttle opening is calculated. This prediction variation $\Delta\theta$ is the time amount T_{inj} from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing. It is the prediction variation of a throttle opening. However, time amount T_{inj} to intake valve close timing When shorter than the dead time T_{th} of an electronic throttle system, prediction variation $\Delta\theta$ of the throttle opening within this dead time T_{th} is called for.

[0094] Then, it progresses to step 234, prediction variation $\Delta\theta$ is added to the current throttle opening θ , and it is prediction throttle opening θ_{af} . It asks.

$\theta_{af} = \theta + \Delta\theta$ -- this prediction throttle opening θ_{af} It is the prediction throttle opening of intake

valve close timing (or after dead-time T_{th} progress).

[0095] The inhalation-of-air system model time constant operation routine of [inhalation-of-air system model time constant operation routine] drawing 16 $R > 6$ is a subroutine performed at step 212 of the prediction intake-pressure operation routine of drawing 13. If this routine is started, first, at step 241, the volumetric-efficiency operation routine of drawing 17 mentioned later will be performed, and volumetric efficiency η_v will be calculated. Then, it progresses to step 242 and model time constant τ_{IM} is calculated by the degree type. $\tau_{IM} = 2 \text{ and } VIM / (\eta_v - N_e [VC \text{ and }] / 60)$

Here, VIM is the content volume (fixed value) of a throttle down-stream inhalation-of-air path, and VC . Cylinder capacity (fixed value) and N_e It is an engine speed (rpm).

[0096] The volumetric-efficiency operation routine of [volumetric-efficiency operation routine] drawing 17 is a subroutine performed at step 241 of the inhalation-of-air system model time constant operation routine of drawing 16. Starting of this routine first reads the last intake pressure $P_m(i-1)$ and the last atmospheric pressure P_a , an intake-air temperature T , an engine speed N_e , valve timing VVT , and the cooling water temperature THW at step 151. Then, basic volumetric-efficiency η_{tar} progress to step 152, search the volumetric-efficiency map which makes a parameter P_m/P_a , an engine speed N_e , and valve timing VVT , and corresponding to the current engine operation condition It calculates and is this basic volumetric-efficiency η_{tar} . It amends with the correction value according to the cooling water temperature THW , and volumetric efficiency η_v is searched for.

[0097] The injection-quantity amendment routine of [injection-quantity amendment routine] drawing 18 is a subroutine performed at step 400 of the main routine of drawing 10, and plays a role of a fuel-oil-consumption operation means as used in the field of [routine / (not shown) / basic injection-quantity operation] a claim.

[0098] a ***** [whether it is a load effect (fluctuation of the restoration air content in a cylinder) by accelerator actuation at step 401, and that for example, an accelerator control input is beyond the set point first when this routine is started] -- or it judges by whether the variation of an accelerator control input is beyond the set point. It is the small value K_1 about the fuel correction factor [as opposed to / if judged with the load effect by accelerator actuation / progress to step 402 and / a load effect (fluctuation of the restoration air content in a cylinder)] K_{load} . It sets up. By the operation approach of the restoration air content in a cylinder of this operation gestalt (1), since this reason can predict the load effect (fluctuation of the restoration air content in a cylinder) by accelerator actuation with a sufficient precision, it is because amendment to fuel oil consumption can be lessened.

[0099] It is the large value K_2 about the fuel correction factor [as opposed to / when judged with it not being a load effect by accelerator actuation (in for example, the case of the load effect by the time of shifting an automatic transmission from a neutral range to a drive range, power steering, a brake, an air-conditioner, etc.) / progress to step 403 and / a load effect on the other hand] K_{load} . It sets up. Since this reason cannot predict the load effect by factors other than accelerator actuation from an accelerator control input, it is because it is desirable to make [many] amendment to fuel oil consumption to the load effect by factors other than accelerator actuation.

[0100] After determining the fuel correction factor [as opposed to a load effect as mentioned above] K_{load} by step 402 or 403, it progresses to step 404 and various kinds of fuel correction factors K_c to factors other than a load effect (for example, an air-fuel ratio feedback correction factor, a water temperature correction factor, a study correction factor, etc.) are calculated, and they are the basic injection quantity T_p and the fuel correction factors K_{load} and K_c at the following step 405. And invalid injection time T_v It uses and the final fuel oil consumption (injection pulse width) TAU is calculated by the degree type.

$TAU = T_p \times K_{load} \times K_c + T_v$ [0101] An example of the behavior of the prediction throttle opening calculated by each routine explained above and the restoration air content in a prediction cylinder is shown in the timing diagram of drawing 19. under engine operation -- an accelerator control input etc. -- responding -- opening command value ϕ_{total} setting up -- this opening command value ϕ_{total} output timing -- time delay T_{dly} only -- you make it delayed under the present circumstances, time delay T_{dly} it is shown in drawing 3 -- as -- time amount T_{inj} from the operation timing (prediction timing of the restoration air content in a cylinder) of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing from -- it is set as the time amount ($T_{dly} = T_{inj} - T_{th}$) which deducted the dead time T_{th} of an electronic throttle system. However, time amount T_{inj} from the operation timing of fuel oil consumption TAU to intake valve close timing When becoming shorter than the

dead time T_{th} of an electronic throttle system (in the case of $T_{inj}-T_{th}<0$), it is a time delay T_{dly} . It is referred to as 0.

[0102] Opening command value ϕ_{total} before delay It is based, prediction variation $\Delta\theta$ of a throttle opening is calculated with the electronic throttle model of drawing 4 $R>4$, this prediction variation $\Delta\theta$ is added to the present throttle opening θ (output of the throttle opening sensor 18), and it is prediction throttle opening θ_f of intake valve close timing (or after dead-time T_{th} progress). It asks. And this prediction throttle opening θ_f It uses, the temporary restoration air content G_c in a prediction cylinder is calculated with the inhalation-of-air system model of drawing 5, differential / integral processing of this is carried out, and it is prediction variation ΔG_c of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing. It calculates. This prediction variation ΔG_c It adds to the restoration air content G_{base} in a base cylinder calculated with the base inhalation-of-air system model, and the final restoration air content G_c (restoration air content in a cylinder decided to intake valve close timing) in a prediction cylinder is calculated. Thereby, it is the restoration air content G_c in a cylinder. It can become possible to predict with a sufficient precision, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

[0103] <<operation gestalt (2)>> With the above-mentioned operation gestalt (1), although the delay means (refer to drawing 2) was made to perform throttle delay control, in the operation gestalt (2) of this invention shown in drawing 20, a delay means is excluded, and throttle delay control is not performed, but a throttle opening is predicted using the dead time T_{th} of an electronic throttle system.

[0104] With this operation gestalt (2), it outputs to the motorised circuit 32, without delaying the opening command value set up based on the accelerator control input etc. with the opening command value operation means. By the same approach as said operation gestalt (1), and with an electronic throttle model Based on an opening command value and the present throttle opening (output of the throttle opening sensor 18), the throttle opening of intake valve close timing (or after dead-time T_{th} progress) is predicted. With an inhalation-of-air system model (configuration of drawing 5) The temporary restoration air content in a prediction cylinder is calculated from this prediction throttle opening, differential / integral processing of this is carried out, and the prediction variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing (or after dead-time T_{th} progress) is calculated. And it adds to the restoration air content in a base cylinder which calculated this prediction variation with the base inhalation-of-air system model, and the final restoration air content in a prediction cylinder is calculated.

[0105] Also in this operation gestalt (2) explained above, it can become possible to predict a throttle opening using the dead time T_{th} of an electronic throttle system, and to predict the restoration air content in a cylinder with a sufficient precision from the prediction throttle opening, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

[0106] <<operation gestalt (3)>> Although the above-mentioned operation gestalt (1) and (2) apply this invention to an engine with an electronic throttle system, the operation gestalt (3) shown in drawing 21 applies this invention to the engine with a mechanical-cable-type throttle system which interlocks a throttle opening with accelerator actuation mechanically.

[0107] With this operation gestalt (3), since an accelerator control input and a real throttle opening interlock mechanically and there is no response delay of a throttle, the opening command value operation means, the delay means, and the electronic throttle model are not prepared. Although the prediction throttle opening was inputted into the inhalation-of-air system model, with this operation gestalt (3), a current throttle opening (output of the throttle opening sensor 18) is inputted into an inhalation-of-air system model said operation gestalt (1) and (2). The configuration of this inhalation-of-air system model is substantially [as said operation gestalt (1)] the same, calculates the temporary restoration air content in a prediction cylinder from a current throttle opening, carries out differential / integral processing of this, and calculates the prediction variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing (or after predetermined period progress). And it adds to the restoration air content in a base cylinder which calculated this prediction variation with the base inhalation-of-air system model, and the final restoration air content in a prediction cylinder is calculated.

[0108] Also in the case of a mechanical-cable-type throttle system, if it does in this way, the operation precision of the restoration air content in a cylinder can be raised conventionally, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

[0109] <<operation gestalt (4)>> in said operation gestalt (1) and (2) As shown in drawing 2 and drawing 20,

based on an opening command value and the present throttle opening (output of the throttle opening sensor 18), the throttle opening of intake valve close timing (or after dead-time Tth progress) is predicted with an electronic throttle model. With an inhalation-of-air system model Calculate the temporary restoration air content in a prediction cylinder from this prediction throttle opening, and differential / integral processing of this is carried out. After calculating the prediction variation of the restoration air content in a cylinder to intake valve close timing (or after dead-time Tth progress), he adds to the restoration air content in a base cylinder which calculated this prediction variation with the base inhalation-of-air system model, and is trying to calculate the final restoration air content in a prediction cylinder.

[0110] on the other hand, with the operation gestalt (4) of this invention shown in drawing 22 thru/or drawing 25 With an electronic throttle model, the throttle opening of intake valve close timing (or after dead-time Tth progress) is predicted based on an opening command value and a current throttle opening (output of the throttle opening sensor 18). While calculating the future restoration air content in a cylinder (temporary restoration air content in a prediction cylinder) from this prediction throttle opening, with an inhalation-of-air system model with an inhalation-of-air system model Based on a current throttle opening (output of the throttle opening sensor 18), the current restoration air content in a cylinder is calculated. The deflection (equivalent to the prediction variation of the restoration air content in a cylinder) of the future restoration air content in a cylinder, and the current restoration air content in a cylinder It adds to the restoration air content in a base cylinder calculated with the base inhalation-of-air system model, and he calculates the final restoration air content in a prediction cylinder, and is trying to calculate fuel oil consumption based on this final restoration air content in a prediction cylinder.

[0111] Except for the point of performing the same main routine as drawing 10 , and performing the restoration air content operation routine in a prediction cylinder of drawing 23 at step 200 also by this operation gestalt (4), it is the same as said operation gestalt (1).

[0112] By the restoration air content operation routine in a prediction cylinder of drawing 23 , the present restoration air content presumption routine in a cylinder of drawing 24 mentioned later is performed by step 500, and it is based on the present throttle opening theta (output of the throttle opening sensor 18) with an inhalation-of-air system model, and is the present restoration air content Gest in a cylinder. It calculates.

[0113] then, the future restoration air content operation routine in a cylinder of drawing 25 which progresses to step 600 and is mentioned later -- performing -- an electronic throttle model -- an opening command value and the present throttle opening theta -- being based -- throttle opening thetfa of intake valve close timing (or after dead-time Tth progress) predicting -- an inhalation-of-air system model -- this prediction throttle opening thetfa from -- the future restoration air content Gcf (temporary restoration air content in a prediction cylinder) in a cylinder is calculated.

[0114] Then, restoration air content Gest in a cylinder progress, the future restoration air content Gcf in a cylinder, and current to step 700 after progressing to step 600 and calculating the restoration air content Gbase in a base cylinder by the same approach as said operation gestalt (1) Deflection (equivalent to the prediction variation of the restoration air content in a cylinder) is added to the restoration air content Gbase in a base cylinder, and it is the final restoration air content Gc in a prediction cylinder. It asks.

$Gc = Gbase + (Gcf - Gest)$

[0115] In the present restoration air content presumption routine in a cylinder of drawing 24 , the present. throttle opening theta is first read at step 501, and they are atmospheric pressure Pa, an intake-air temperature T, and an intake pressure Pm at the following step 502. It reads. Under the present circumstances, intake pressure Pm The detection value of the intake-pressure sensor 16 may be used, or the last value of the prediction intake pressure calculated at step 601 of drawing 25 mentioned later may be used.

[0116] Then, it progresses to step 503 and the present throttle passage air content Gin is calculated by the same approach as the routine of drawing 14 explained with said operation gestalt (1). Then, it progresses to step 504 and model time constant tauIM of an inhalation-of-air system model is calculated by the same approach as the routine of drawing 16 explained with said operation gestalt (1).

[0117] Then, it is the air content Qm in a throttle down-stream inhalation-of-air path with the same approach as step 213 of drawing 13 which progressed to step 505 and was explained with said operation gestalt (1). It calculates by the degree type.

$Qm(i) = \{Gin(i) - Qm(i-1) / \tau_{IM}\}$ and $Ts + Qm(i-1)$ -- here -- $Qm(i)$ -- the air content in this throttle down-

stream inhalation-of-air path, the air content in the throttle down-stream inhalation-of-air path of last time [$Q_m / (i-1)$], and T_s It is the sampling time.

[0118] then, the step 506 -- progressing -- air content Q_m in a throttle down-stream inhalation-of-air path from - - current intake pressure P_m It calculates by the degree type.

$P_m = Q_m$ and $R-T/VIM$ -- here, R is [an intake-air temperature and VIM of a gas constant and T] the content volume of a throttle down-stream inhalation-of-air path.

[0119] Then, it is an intake pressure P_m by progressing to step 507 and computing the average of this intake pressure $P_m(i)$ and the last intake pressure $P_m(i-1)$. It equalizes.

$P_m(i) = \{P_m(i) + P_m(i-1)\} / 2$ [0120] Then, it progresses to step 508 and is this intake pressure P_m . It uses and is the current restoration air content G_{est} in a cylinder by the degree type. It calculates.

$G_{est} = \eta - V_c - P_m / (2 \text{ and } R-T)$

η : Volumetric efficiency V_c : Cylinder-capacity R :gas constant T : Intake-air temperature [0121] On the other hand, in the future restoration air content operation routine in a cylinder of drawing 25, the prediction intake pressure P_m (intake pressure of intake valve close timing) is first calculated at step 601 by the same processing as the prediction intake-pressure operation routine of drawing 13 explained with said operation gestalt (1).

Then, it progresses to step 602 and is the prediction intake pressure P_m . It uses and the future restoration air content G_{cf} (restoration air content in a cylinder of intake valve close timing) in a cylinder is calculated by the degree type.

$G_{cf} = \eta - V_c - P_m / (2 \text{ and } R-T)$

[0122] With this operation gestalt (4) explained above, while presuming the current restoration air content in a cylinder based on a current throttle opening Since a future throttle opening is predicted, the future restoration air content in a cylinder is predicted and the prediction variation of the restoration air content in a cylinder was calculated from the deflection of said future restoration air content in a cylinder, and said current restoration air content in a cylinder From said operation gestalt (1) and (2), the prediction variation of the restoration air content in a cylinder can be calculated with a sufficient precision, and the predictability of the restoration air content in a cylinder can be improved.

[0123] <<operation gestalt (5)>> Although the inhalation-of-air system model which calculates the restoration air content in a cylinder from a throttle opening was used in above-mentioned operation gestalt (1) - (4), with the operation gestalt (5) of this invention, air content change sets the time constant of this inhalation-of-air system model as a small value also for a actual twist using the inhalation-of-air system model which calculates the restoration air content in a cylinder from the output (intake air flow) of an air flow meter 14 (intake-air-flow detection means) so that it may appear at an early stage.

[0124] With this operation gestalt (5), the time constant of an inhalation-of-air system model is set as a small value instead of establishing a means to predict the restoration air content in a cylinder. If it does in this way, the effectiveness as predicting the future restoration air content in a cylinder that a actual twist also has it since change of the restoration air content in a cylinder calculated with the inhalation-of-air system model appears at an early stage will be acquired. [same] Thereby, the operation precision of the restoration air content in a cylinder of a transient can be raised conventionally, and the Air Fuel Ratio Control precision of a transient can be raised.

[Translation done.]

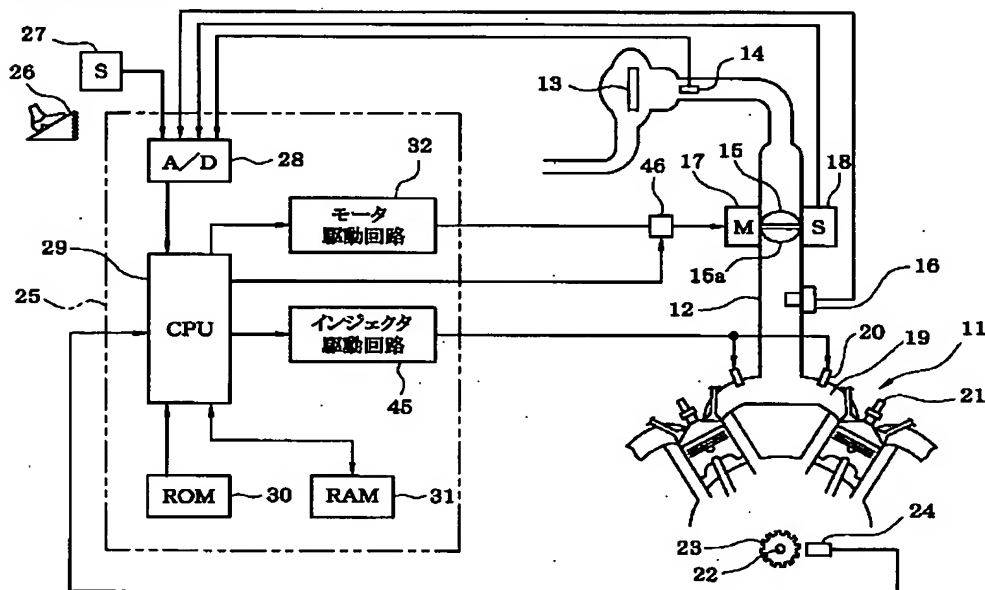
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

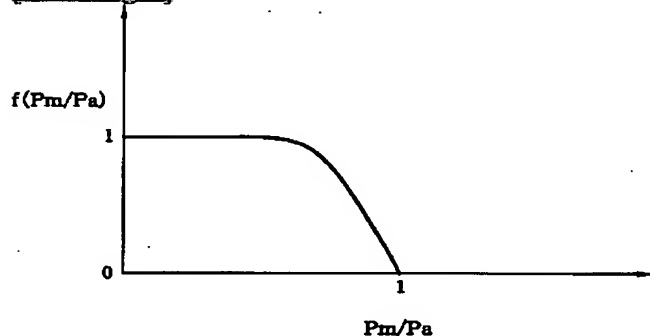
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

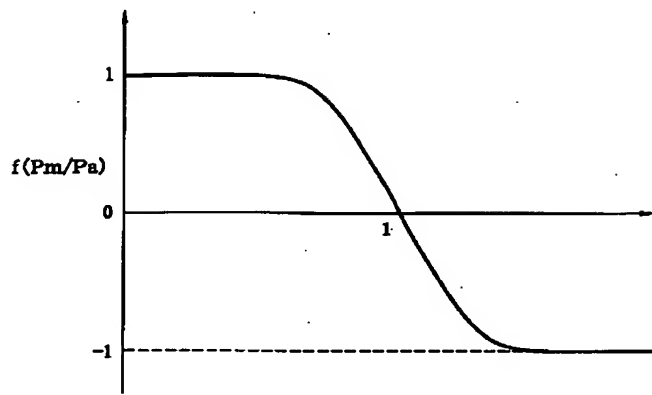
[Drawing 1]



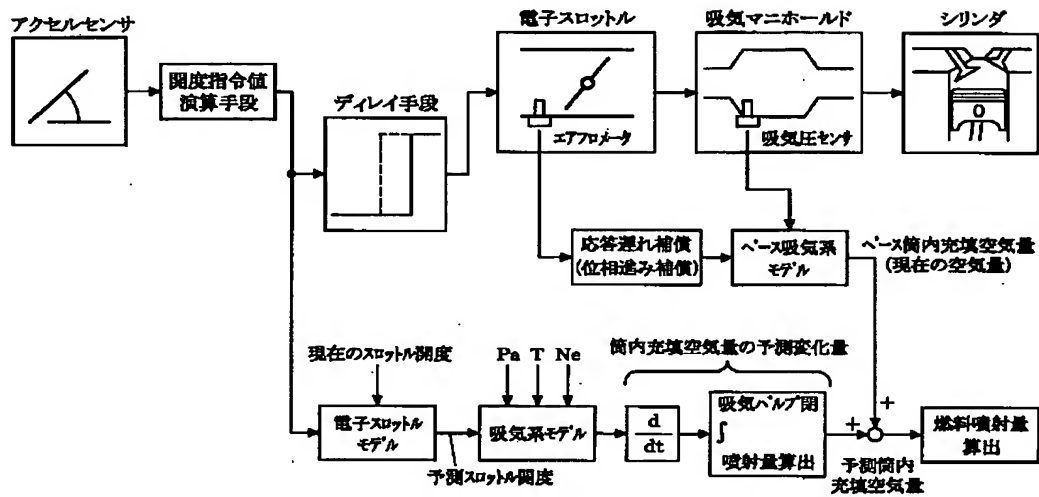
[Drawing 6]



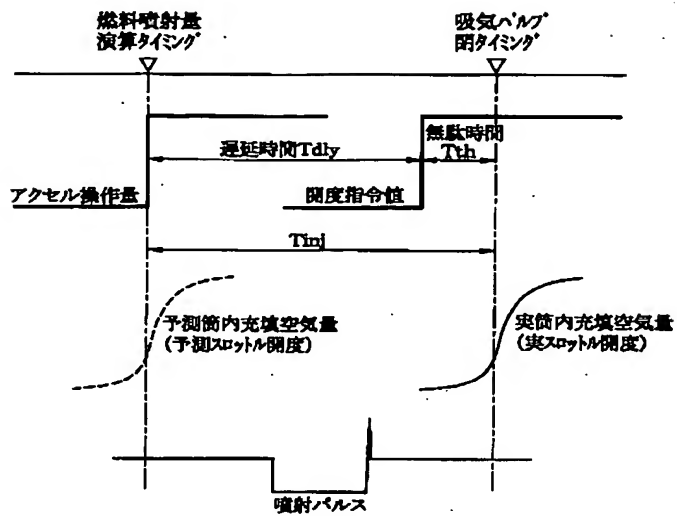
[Drawing 7]



[Drawing 2]

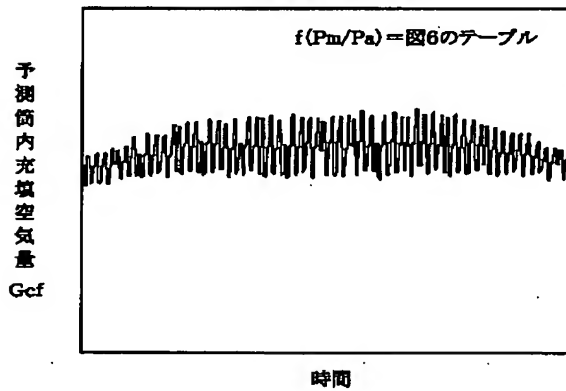


[Drawing 3]

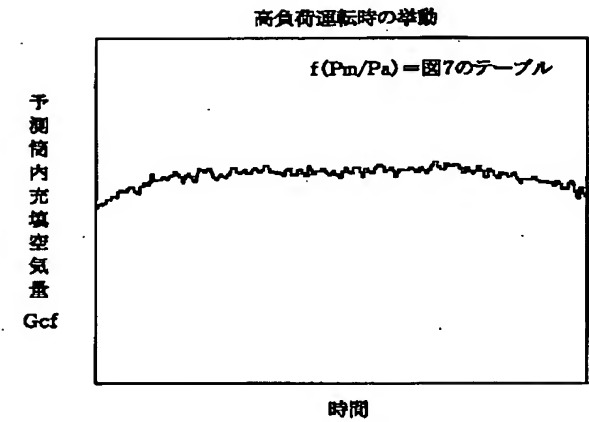


[Drawing 8]

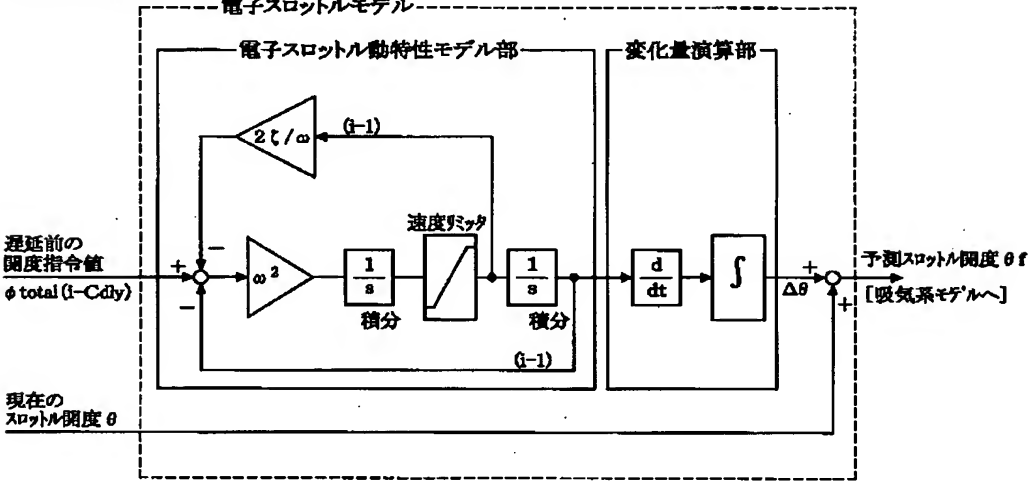
高負荷運転時の挙動



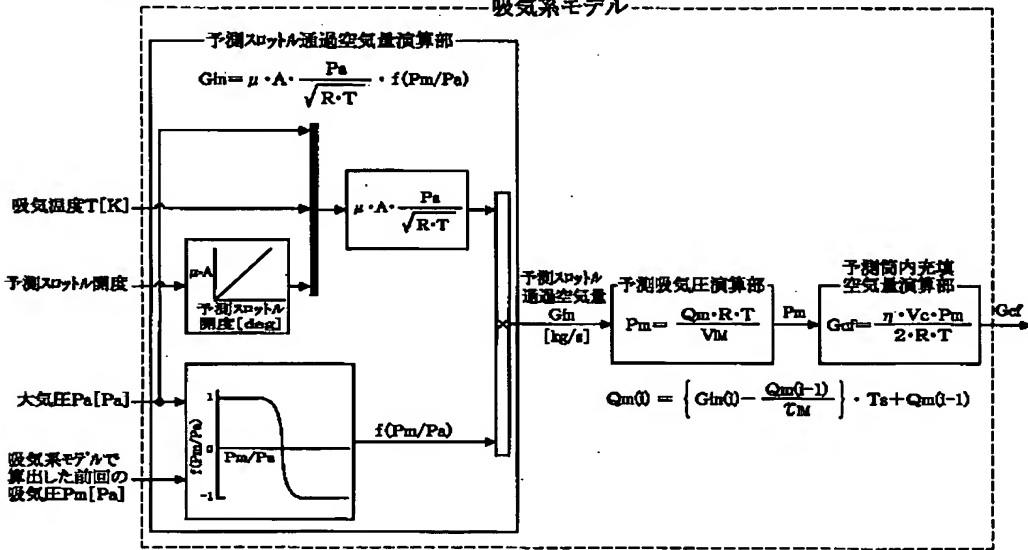
[Drawing 9]



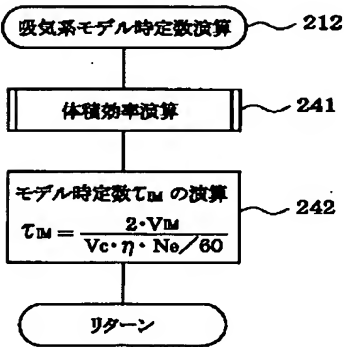
[Drawing 4]



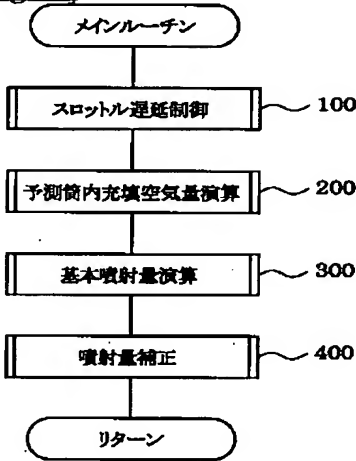
[Drawing 5]



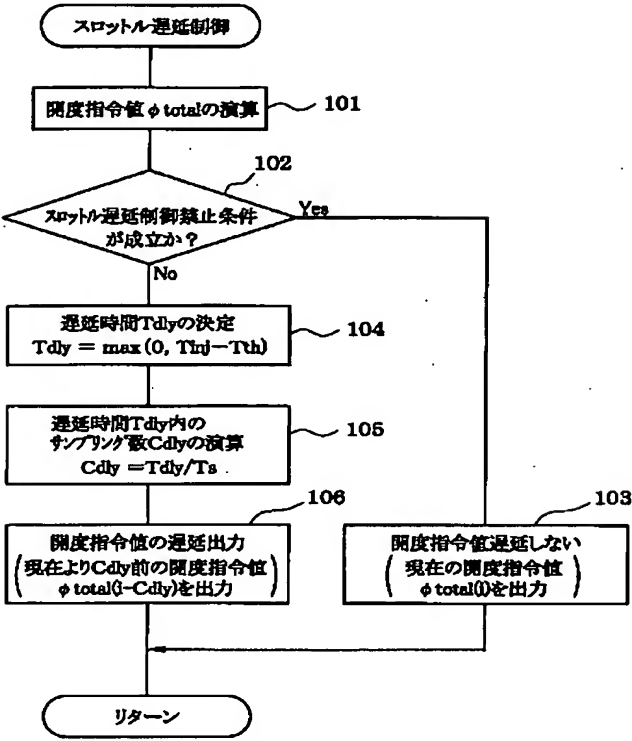
[Drawing 16]



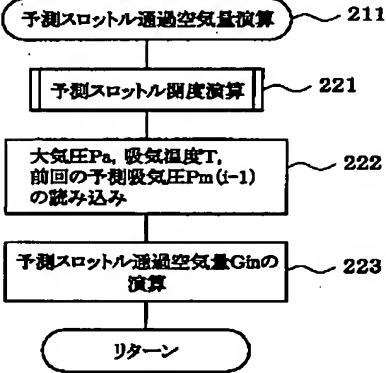
[Drawing 10]



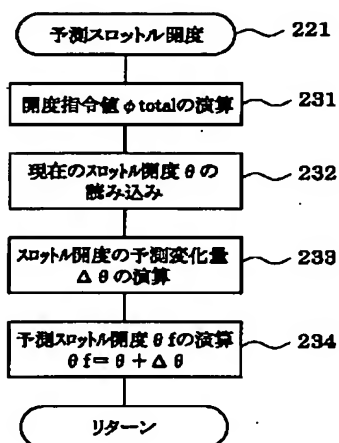
[Drawing 11]



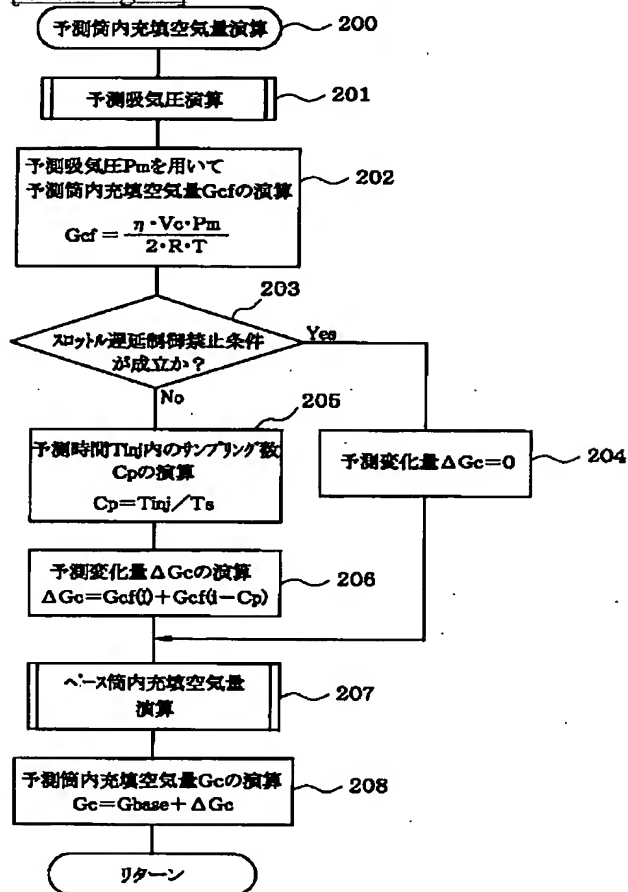
[Drawing 14]



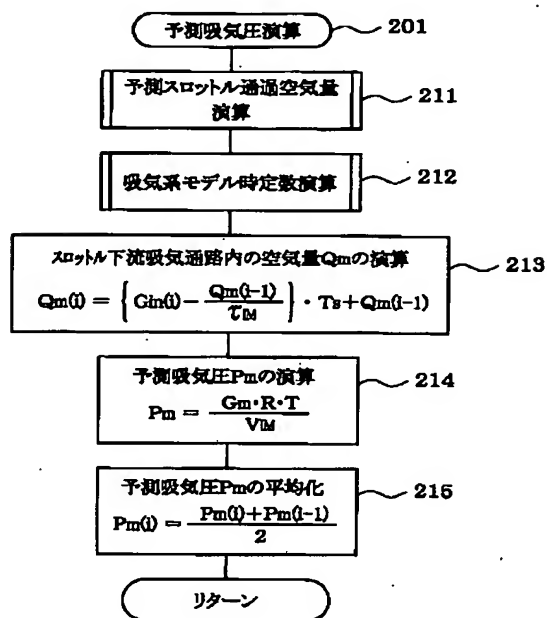
[Drawing 15]



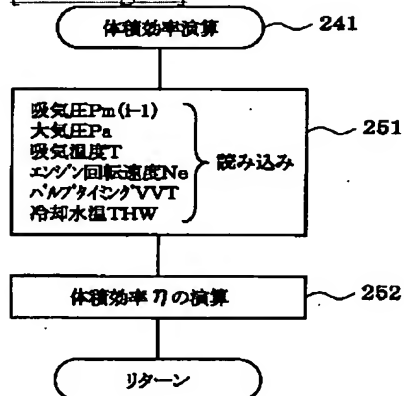
[Drawing 12]



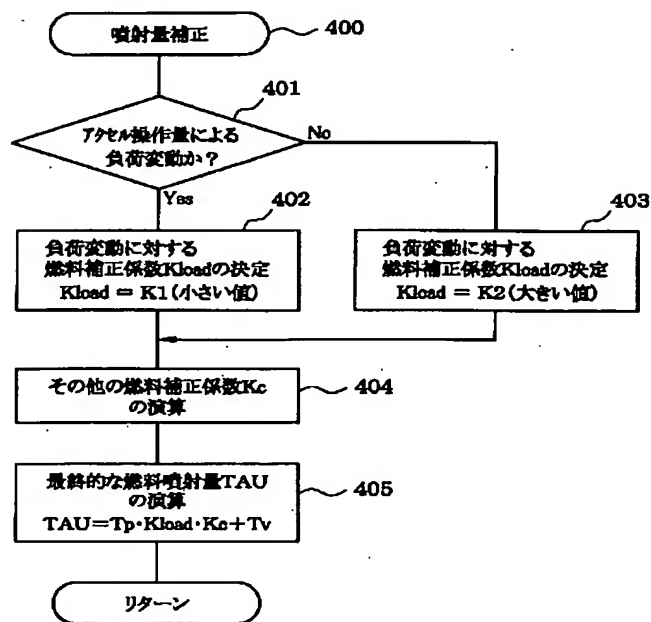
[Drawing 13]



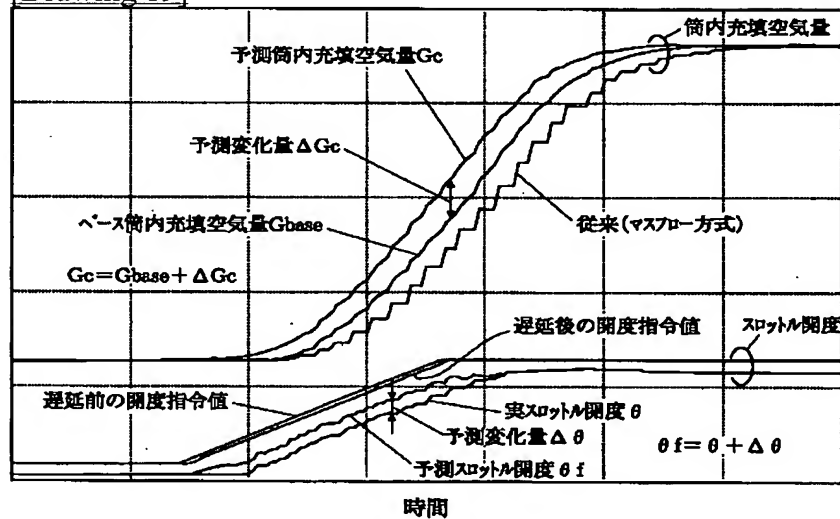
[Drawing 17]



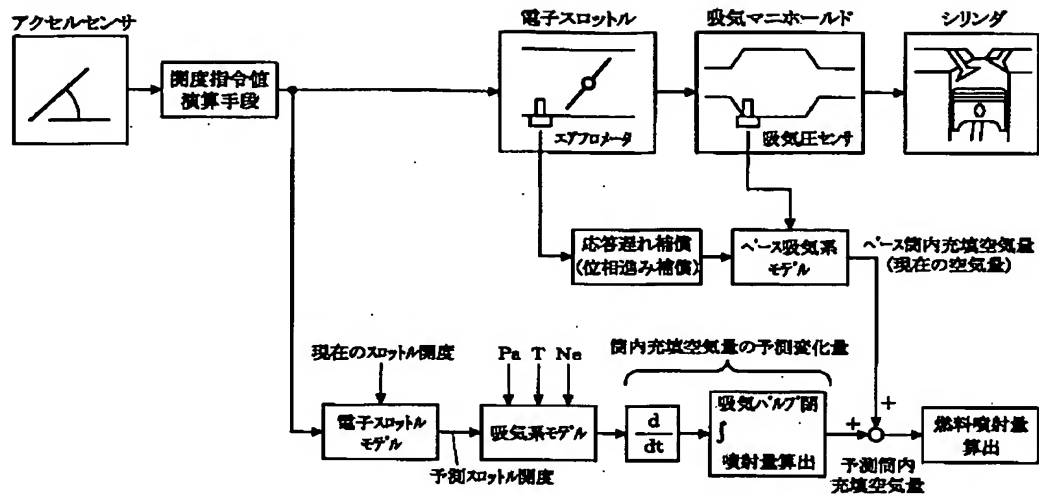
[Drawing 18]



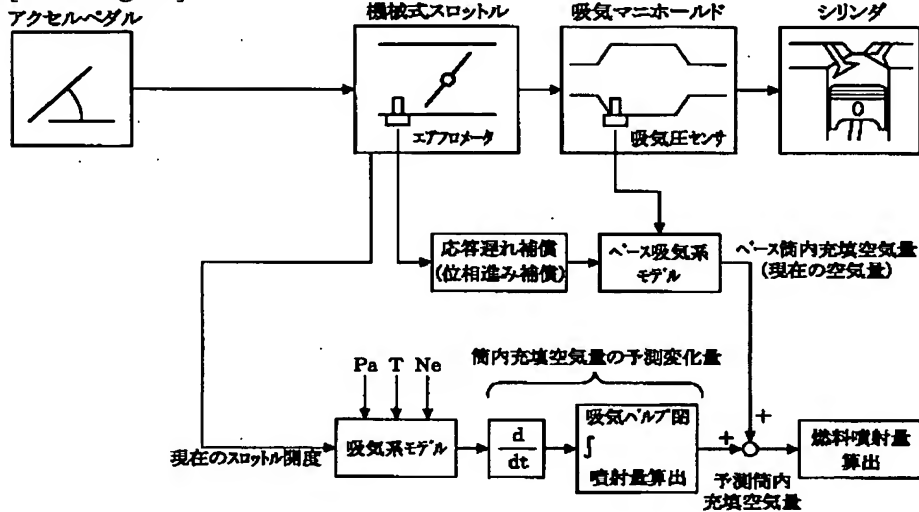
[Drawing 19]



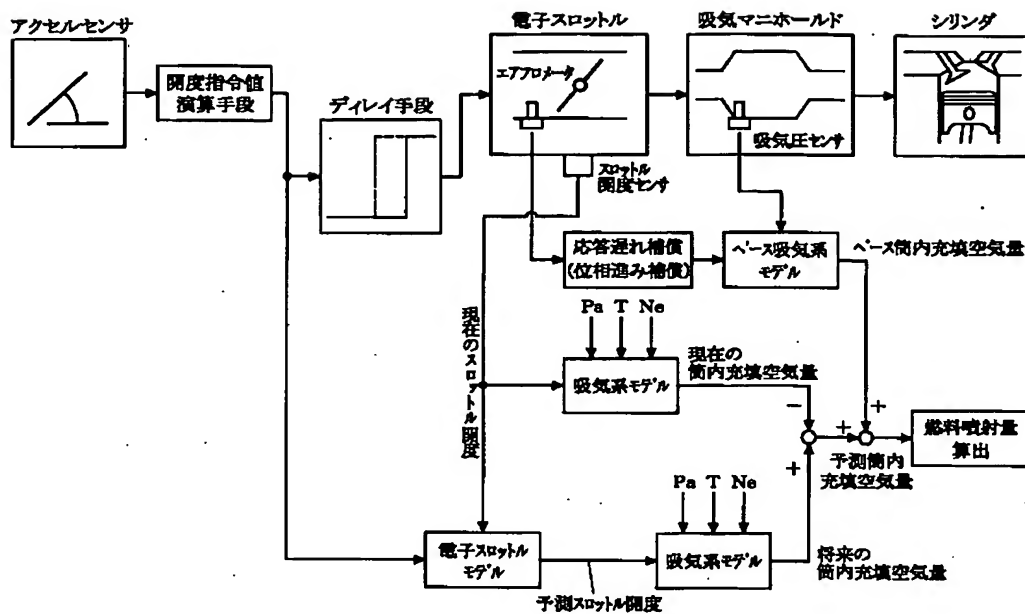
[Drawing 20]



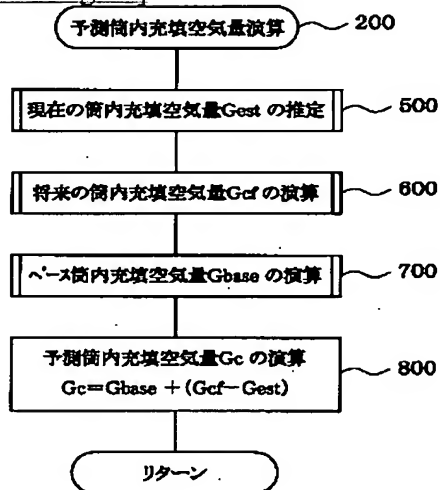
[Drawing 21]



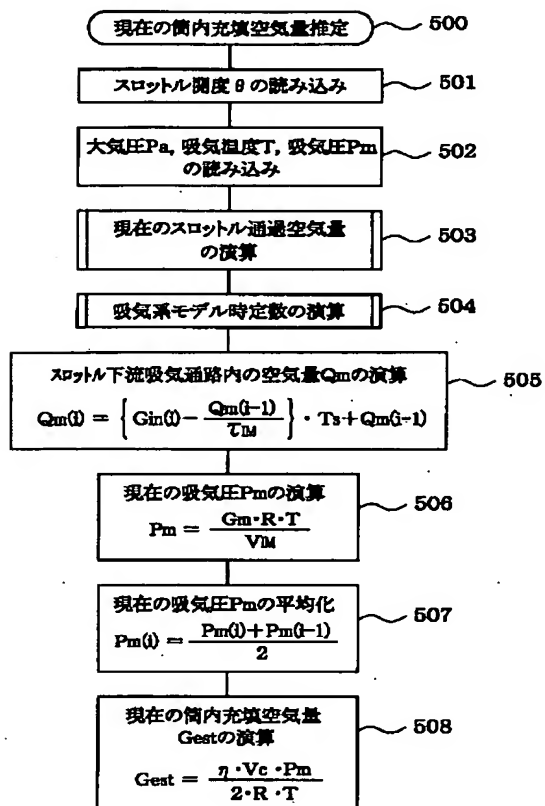
[Drawing 22]



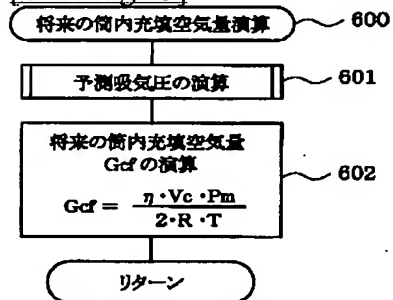
[Drawing 23]



[Drawing 24]



[Drawing 25]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2002-201998

(P 2002-201998A)

(43) 公開日 平成14年7月19日 (2002. 7. 19)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
F 0 2 D 45/00	3 6 6	F 0 2 D 45/00	3 6 6 E 3G065
	3 5 8		3 5 8 M 3G084
	3 7 0		3 7 0 B 3G093
9/02		9/02	R 3G301
	3 5 1		3 5 1 M
審査請求 未請求 請求項の数 16	O L	(全 26 頁)	最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-299558 (P2001-299558)

(22) 出願日 平成13年9月28日 (2001. 9. 28)

(31) 優先権主張番号 特願2000-342369 (P2000-342369)

(32) 優先日 平成12年11月6日 (2000. 11. 6)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 八木 豊児

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社
デンソー内

(74) 代理人 100098420

弁理士 加古 宗男

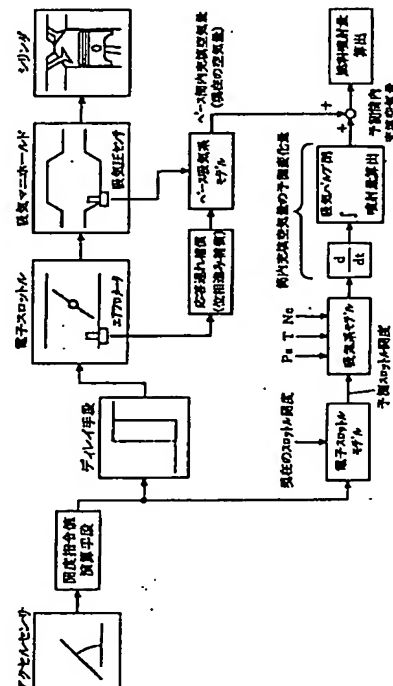
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 過渡時の筒内充填空気量の演算精度を向上させる。

【解決手段】 エンジン運転中は、アクセル操作量等に応じて開度指令値を設定し、この開度指令値の出力タイミングを所定の遅延時間だけ遅延させる。遅延前の開度指令値に基づいて電子スロットルモデルによりスロットル開度の予測変化量を演算し、この予測変化量を現在のスロットル開度（スロットル開度センサの出力）に加算して、吸気バルブ閉タイミングの予測スロットル開度を求める。そして、この予測スロットル開度を用いて吸気系モデルにより仮の予測筒内充填空気量を演算し、これを微分・積分処理して吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の予測変化量を演算する。この予測変化量をベース吸気系モデルにより演算したベース筒内充填空気量に加算して、最終的な予測筒内充填空気量（吸気バルブ閉タイミングで確定する筒内充填空気量）を求める。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 スロットルバルブをスロットルアクチュエータで駆動してスロットル開度を制御する電子スロットルシステムを備えた内燃機関において、アクセル操作量等に基づいて開度指令値を演算する開度指令値演算手段と、
前記開度指令値演算手段で演算した開度指令値を前記スロットルアクチュエータに出力するタイミングを遅延させるディレイ手段と、
前記ディレイ手段で遅延させる前の開度指令値と前記電子スロットルシステムの応答遅れ特性とに基づいて該開度指令値の遅延出力前にその後のスロットル開度を予測するスロットル開度予測手段と、
前記スロットル開度予測手段で予測したスロットル開度に基づいて筒内充填空気量を予測する筒内充填空気量予測手段と、
前記筒内充填空気量予測手段で予測した筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算する燃料噴射量演算手段とを備えていることを特徴とする内燃機関の制御装置。 *

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a)$$

G_{in} : スロットル通過空気量[kg/sec]

μ : 流量係数

A : スロットル開口有効断面積[m²]

P_a : 大気圧[Pa]

P_m : 吸気圧[Pa]

R : 気体定数

T : 吸気温度[K]

$f(P_m/P_a)$: 吸気圧 P_m と大気圧 P_a の比で決まる物理値

$$A = \pi r^2 (1 - \cos^2 \theta)$$

r : スロットルバルブの半径[m]

θ : スロットル開度

に設定され、

前記筒内充填空気量予測手段は、前記スロットル通過空気量を演算する際に、 $f(P_m/P_a)$ は P_m/P_a をパラメータとするテーブルから算出し、 $\mu \cdot A$ はスロットル開度をパラメータとするテーブルから算出することを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 5】 前記スロットル通過空気量の演算に用いる $f(P_m/P_a)$ のテーブルは、

$P_m/P_a < 1$ のときに $f(P_m/P_a) =$ 正の値

$P_m/P_a = 1$ のときに $f(P_m/P_a) = 0$

$P_m/P_a > 1$ のときに $f(P_m/P_a) =$ 負の値

に設定され、

前記筒内充填空気量予測手段は、前記吸気系モデルの演

*【請求項 2】 前記筒内充填空気量予測手段は、前記スロットル開度予測手段で予測したスロットル開度に基づいて吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を予測し、この変化量を現在の運転パラメータに基づいて演算したベース筒内充填空気量に加算して筒内充填空気量を予測することを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 3】 前記筒内充填空気量予測手段は、吸入空気が通過するスロットル開口をオリフィスと見なしてスロットル通過空気量とスロットル下流通路を流れる吸入空気に質量保存則を適用した吸気系モデルを用い、この吸気系モデルの出力の変化量を吸気バルブ閉タイミングまで積算することで吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を予測することを特徴とする請求項 2 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 4】 前記吸気系モデルでスロットル通過空気量を演算する式は、

【数 1】

算値を平均化する手段を有することを特徴とする請求項 4 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 6】 前記ディレイ手段は、開度指令値の遅延時間を、ある気筒の燃料噴射量の演算タイミングから当該気筒の吸気バルブ閉タイミングまでの時間から前記電子スロットルシステムの無駄時間を差し引いた時間に設定することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 7】 前記ディレイ手段は、ある気筒の燃料噴射量の演算タイミングから当該気筒の吸気バルブ閉タイミングまでの時間が前記電子スロットルシステムの無駄時間よりも短くなるときは前記開度指令値を遅延させずに出力することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか

に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 8】 前記ディレイ手段は、始動時、始動直後の所定時間内、アイドル運転時、自動変速機がニュートラル状態のいずれかに該当するときは前記開度指令値を遅延させずに出力することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 9】 前記スロットル開度予測手段は、前記ディレイ手段で遅延させる前の開度指令値を入力とする一次以上の遅れ要素と速度リミッタを含む電子スロットルモデルを用いて開度指令値遅延出力後のスロットル開度を予測することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 10】 前記スロットル開度予測手段は、前記電子スロットルモデルを用いて吸気バルブ閉タイミングまでのスロットル開度の変化量を予測し、この変化量を現在のスロットル開度に加算して吸気バルブ閉タイミングのスロットル開度を予測することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 11】 前記燃料噴射量演算手段は、燃料噴射量を運転状態に応じて補正する手段を有し、アクセル操作による負荷変動時とそれ以外の場合とで燃料噴射量に対する補正係数を切り換えることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 12】 スロットルバルブをスロットルアクチュエータで駆動してスロットル開度を制御する電子スロットルシステムを備えた内燃機関において、アクセル操作量等に基づいて開度指令値を演算する開度指令値演算手段と、前記開度指令値演算手段で演算した開度指令値と前記電子スロットルシステムの応答遅れ特性とに基づいて吸気バルブ閉タイミングのスロットル開度を予測するスロットル開度予測手段と、

前記スロットル開度予測手段で予測したスロットル開度に基づいて筒内充填空気量を予測する筒内充填空気量予測手段と、

前記筒内充填空気量予測手段で予測した筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算する燃料噴射量演算手段とを備えていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 13】 前記筒内充填空気量予測手段は、前記スロットル開度予測手段で予測したスロットル開度に基づいて吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を予測し、この変化量を現在の運転パラメータに基づいて演算したベース筒内充填空気量に加算して筒内充填空気量を予測することを特徴とする請求項 12 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 14】 現在の運転パラメータに基づいてベース筒内充填空気量を演算するベース筒内充填空気量演算手段と、

吸入空気が通過するスロットル開口をオリフィスと見なしてスロットル通過空気量とスロットル下流通路を流れ

る吸入空気に質量保存則を適用した吸気系モデルを用い、この吸気系モデルの出力の変化量に基づいて吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を予測する変化量予測手段と、

前記ベース筒内充填空気量演算手段で演算したベース筒内充填空気量に前記変化量予測手段で予測した変化量を加算して筒内充填空気量を予測する筒内充填空気量予測手段と、

前記筒内充填空気量予測手段で予測した筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算する燃料噴射量演算手段とを備えていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 15】 内燃機関の吸気通路を流れる吸入空気の流量を検出する吸入空気流量検出手段と、

スロットルバルブを通過した吸入空気が筒内に流入するまでの吸入空気の挙動を模擬した吸気系モデルを用い、前記吸入空気流量検出手段の出力を該吸気系モデルに入力して該吸気系モデルの出力である筒内充填空気量を演算する演算手段とを備え、

前記吸気系モデルの時定数は、空気量変化が実際よりも早期に現れるように小さい値に設定されていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 16】 現在のスロットル開度に基づいて現在の筒内充填空気量を推定する手段と、

将来のスロットル開度を予測するスロットル開度予測手段と、

前記将来のスロットル開度に基づいて将来の筒内充填空気量を予測する手段と、

前記将来の筒内充填空気量と前記現在の筒内充填空気量との偏差を現在の運転パラメータに基づいて演算したベース筒内充填空気量に加算して最終的な予測筒内充填空気量を求める手段と、

前記最終的な予測筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算する燃料噴射量演算手段とを備えていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関の筒内充填空気量の演算方法を改良した内燃機関の制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】将来、益々厳しくなる排出ガス浄化規制に対応するには、空燃比制御（燃料噴射制御）を高精度化する必要があり、そのためには、エンジンの筒内に充填される空気量（筒内充填空気量）を精度良く演算して、その筒内充填空気量に見合った適正な燃料噴射量を設定する必要がある。現在、一般的に使用されている筒内充填空気量の演算方法は、スロットルバルブの上流側に設置したエアフロメータで吸入空気流量を検出して、その検出値から筒内充填空気量を演算する方式（マスフロー方式）と、吸気圧を吸気圧センサで検出して、吸気

圧とエンジン回転速度とから筒内充填空気量を演算する方式（スピードデンシティ方式）とに大別される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、筒内充填空気量が確定するタイミングは、吸気行程が終了する吸気バルブ閉タイミングであり、燃料噴射量を算出するタイミングは、吸気バルブ閉タイミングよりも前である（筒内に噴射燃料を吸入させるには吸気バルブ閉タイミングよりも前に燃料噴射を実行する必要があるためである）。そのため、前述した従来のマスフロー方式、スピードデンシティ方式のいずれの方法で筒内充填空気量を算出しても、過渡時には、燃料噴射量の算出タイミングから吸気バルブ閉タイミング（筒内充填空気量の確定タイミング）までの間に筒内充填空気量に変化してしまい、その結果、実際の筒内充填空気量と筒内に流入する燃料量との比（空燃比）が目標空燃比からずれてしまい、過渡時の空燃比制御精度が悪くなるという欠点がある。

【0004】本発明はこのような事情を考慮してなされたものであり、従ってその目的は、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる内燃機関の制御装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、吸気バルブ閉タイミング（筒内充填空気量の確定タイミング）のスロットル開度を予測して、その予測スロットル開度に基づいて筒内充填空気量を予測し、その予測筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算するようにしたものである。ここで、筒内充填空気量を予測するパラメータとしてスロットル開度を用いる理由は、筒内充填空気量の変化は、主としてスロットル開度の変化を起源として発生し、過渡時にスロットル開度の変化から筒内充填空気量の変化を応答良く予測できるためである。

【0006】請求項1のように、スロットルバルブをスロットルアクチュエータで駆動してスロットル開度を制御する電子スロットルシステムを備えた内燃機関では、開度指令値をスロットルアクチュエータに出力するタイミングをディレイ手段で適度に遅延させることで、吸気バルブ閉タイミング（筒内充填空気量の確定タイミング）のスロットル開度を予測することが可能となる。こ

の際、電子スロットルシステムの動作には応答遅れ（無駄時間）が存在するため、ディレイ手段で遅延させる前の開度指令値と電子スロットルシステムの応答遅れ特性とに基づいて該開度指令値の遅延出力前にその後のスロットル開度を予測すれば良い。これにより、吸気バルブ閉タイミングのスロットル開度を精度良く予測して、その予測スロットル開度から筒内充填空気量を精度良く予測することが可能となり、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【0007】ところで、予測スロットル開度から筒内充填空気量を予測する方法は、過渡時の応答性が良いという利点があるが、その反面、電子スロットルシステムのばらつきや経時変化、運転条件等によって、定常時の予測値が実際の値からずれる傾向がある。また、定常時は、筒内充填空気量に変化しないため、現在の運転パラメータ（吸入空気流量、吸気圧等）に基づいて演算した筒内充填空気量が、その後の吸気バルブ閉タイミングで確定する筒内充填空気量と一致する。

【0008】そこで、請求項2のように、予測スロットル開度に基づいて吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量（過渡変化分）を予測し、この変化量を現在の運転パラメータに基づいて演算したベース筒内充填空気量に加算して筒内充填空気量を予測すると良い。このようにすれば、定常時と過渡時の両方で筒内充填空気量を精度良く予測することが可能となる。

【0009】更に、請求項3のように、吸入空気が通過するスロットル開口をオリフィスと見なしてスロットル通過空気量とスロットル下流通路を流れる吸入空気質量保存則を適用した吸気系モデルを用い、この吸気系モデルの出力の変化量を吸気バルブ閉タイミングまで積算することで、吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を予測するようにすると良い。このような吸気系モデルを用いることで、比較的簡単な演算処理で、吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を精度良く予測することができる。

【0010】この場合、請求項4のように、吸気系モデルでスロットル通過空気量を演算する式は、次式を用いると良い。

【0011】

【数2】

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a)$$

G_{in} : スロットル通過空気量[kg/sec]

μ : 流量係数

A : スロットル開口有効断面積[m²]

P_a : 大気圧[Pa]

P_m : 吸気圧[Pa]

R : 気体定数

T : 吸気温度[K]

$f(P_m/P_a)$: $P_m/P_a > 1$ のとき $f(P_m/P_a) =$ 負の値

$$A = \pi r^2 (1 - \cos^2 \theta)$$

r : スロットルバルブの半径[m]

θ : スロットル開度

【0012】スロットル通過空気量を演算する際に、 $f(P_m/P_a)$ は、 P_m/P_a をパラメータとするテーブルから算出し、 $\mu \cdot A$ は、スロットル開度をパラメータとするテーブルから算出するようにしても良い。これにより、吸気系モデル式の演算処理が極めて簡単になる。

【0013】更に、請求項5のように、 $f(P_m/P_a)$ のテーブルは、

$P_m/P_a < 1$ のときに $f(P_m/P_a) =$ 正の値

$P_m/P_a = 1$ のときに $f(P_m/P_a) = 0$

$P_m/P_a > 1$ のときに $f(P_m/P_a) =$ 負の値

に設定し、吸気系モデルの演算値を平均化するようにすると良い。後述するように、 $f(P_m/P_a)$ は、物理的には負の値にならないが、 $P_m/P_a > 1$ のときに $f(P_m/P_a) = 0$ にすると、 P_m/P_a が1付近で変動する高負荷運転時に、吸気系モデルの演算値が振動してハンチングが発生する傾向がある。この原因は、 P_m/P_a が1付近の領域で $f(P_m/P_a)$ の変化率が大きくなることと、高負荷運転時に演算上 P_m/P_a が1以上になる毎に $f(P_m/P_a)$ が0でガードされるため、高負荷運転時の $f(P_m/P_a)$ の変化が不規則になるためである。

【0014】この対策として、請求項5のように $P_m/P_a > 1$ のときに $f(P_m/P_a) =$ 負の値とすれば、 P_m/P_a が1付近で変動する高負荷運転時に、 $f(P_m/P_a)$ の変化が規則的なものとなる。このため、吸気系モデルの演算値を平均化することで、高負荷運転時の吸気系モデルの演算値を安定化させることができ、ハンチングを防止することができる。

【0015】また、請求項6のように、ディレイ手段によって遅延させる開度指令値の遅延時間 T_{dly} は、ある気筒の燃料噴射量の演算タイミング（筒内充填空気量の

予測タイミング）から当該気筒の吸気バルブ閉タイミングまでの時間 T_{inj} から電子スロットルシステムの無駄時間 T_{th} を差し引いた時間（ $T_{dly} = T_{inj} - T_{th}$ ）に設定すると良い。このようにすれば、吸気バルブ閉タイミングのスロットル開度を予測スロットル開度と一致させるように開度指令値の遅延時間 T_{dly} を設定することができ、予測スロットル開度の演算が容易となる。

【0016】この場合、電子スロットルシステムの無駄時間 T_{th} は、スロットル駆動速度が変化しても変化しないが、燃料噴射量の演算タイミング（筒内充填空気量の予測タイミング）から吸気バルブ閉タイミングまでの時間 T_{inj} は、エンジン回転速度が高回転になるほど短くなる。このため、高回転時には、燃料噴射量の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの時間 T_{inj} が電子スロットルシステムの無駄時間 T_{th} よりも短くなるおそれがある。

【0017】この点を考慮して、請求項7のように、燃料噴射量の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの時間 T_{inj} が電子スロットルシステムの無駄時間 T_{th} よりも短くなるときは、開度指令値を遅延させずに出力するようにすると良い。このようにすれば、高回転時に、無駄なスロットル遅延制御を行わずに済むと共に、高回転時のスロットル応答性も向上させることができる。

【0018】また、請求項8のように、始動時、始動直後の所定時間内、アイドル運転時、自動変速機がニュートラル状態のいずれかに該当するときは、開度指令値を遅延させずに出力するようにすると良い。始動時や始動直後は、本来的にエンジン回転が不安定であるため、開度指令値を遅延させるスロットル遅延制御を行うと、エンジン回転変動が更に大きくなるおそれがある。また、アイドル運転時は、アイドル回転速度制御（ISC）が

作動してアイドル回転速度をフィードバック制御するため、スロットル遅延制御を行うと、アイドル回転速度制御がスロットル遅延制御と干渉してアイドル回転が不安定になるおそれがある。また、自動変速機がニュートラル状態のときは、運転者がレーシング（エンジンの空吹き）を行う可能性があるため、ニュートラル状態のときに、スロットル遅延制御を行うと、レーシング実行時にエンジン回転速度の立上がりが遅れて、運転者にアクセル応答性・加速性が悪いと感じさせてしまうおそれがある。

【0019】従って、請求項8のように、スロットル遅延制御による悪影響が現れる運転状態の時（始動時、アイドル運転時、ニュートラル時）にスロットル遅延制御を行わないようにすれば、スロットル遅延制御による悪影響を無くすることができる。

【0020】また、請求項9のように、ディレイ手段で遅延させる前の開度指令値を用いて該開度指令値の遅延出力後のスロットル開度を予測する際に、遅延させる前の開度指令値を入力とする一次以上の遅れ要素と速度リミッタを含む電子スロットルモデルを用いてスロットル開度を予測するようにすると良い。一般に、電子スロットルシステムは、構造が複雑であるため、これを精密に物理モデル化することは困難であるが、電子スロットルシステムの応答遅れ特性を一次以上の遅れ要素で模擬し、スロットルバルブの駆動速度の限界特性を速度リミッタで模擬することによって、演算処理の簡単な電子スロットルモデルを構築することができ、電子スロットルシステムのCPUを特に高性能化しなくても、スロットル開度の予測演算が可能となる。

【0021】また、電子スロットルシステムのばらつき、経時変化、運転条件等によりスロットル開度予測値が実際の値からずれる可能性がある。そこで、請求項10のように、電子スロットルモデルを用いて吸気バルブ閉タイミングまでのスロットル開度の変化量を予測し、この変化量を現在のスロットル開度に加算して吸気バルブ閉タイミングのスロットル開度を予測するようにしても良い。このようにすれば、上記原因によるスロットル開度予測誤差を少なくしてスロットル開度を精度良く予測することが可能となる。

【0022】また、請求項11のように、燃料噴射量を運転状態に応じて補正する際に、アクセル操作による負荷変動時とそれ以外の場合とで燃料噴射量に対する補正係数を切り換えるようにしても良い。つまり、本発明は、アクセル操作による負荷変動に対しては、筒内充填空気量を精度良く予測することができるため、燃料噴射量に対する補正を少なくすることができる。しかし、自動変速機をニュートラルレンジからドライブレンジにシフトした時や、パワーステアリング、ブレーキ、エアコン等による負荷変動は、アクセル操作量からは予測できないため、これらの負荷変動に対しては、燃料噴射量に

対する補正を多くすることが望ましい。

【0023】従って、請求項11のように、アクセル操作による負荷変動時とそれ以外の場合とで燃料噴射量に対する補正係数を切り換えるようにすれば、負荷変動の原因に応じて燃料噴射量の補正を適正化することができる。

【0024】以上説明した請求項1～11に係る発明は、スロットル遅延制御を行うようにしたが、請求項12のように、スロットル遅延制御を行わずに、アクセル操作量等に基づいて演算した開度指令値と電子スロットルシステムの応答遅れ特性とに基づいて吸気バルブ閉タイミングのスロットル開度を予測し、このスロットル開度に基づいて筒内充填空気量を予測するようにしても良い。このようにしても、電子スロットルシステムの無駄時間を利用してスロットル開度を予測して、その予測スロットル開度から筒内充填空気量を精度良く予測することが可能となり、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【0025】この場合も、請求項13のように、予測スロットル開度に基づいて吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量（過渡変化分）を予測し、この変化量を現在の運転パラメータに基づいて演算したベース筒内充填空気量に加算して筒内充填空気量を予測すると良い。このようにすれば、定常時と過渡時の両方で筒内充填空気量を精度良く予測することが可能となる。

【0026】以上説明した請求項1～13は、本発明を電子スロットルシステム付きの内燃機関に適用したものであるが、スロットル開度をアクセル操作に機械的に連動させる機械式スロットルシステムの場合は、請求項14のように、現在の運転パラメータに基づいてベース筒内充填空気量を演算すると共に、スロットル開口をオリフィスと見なして現在のスロットル開度等からスロットル通過空気量を演算する吸気系モデルを用い、この吸気系モデルの出力の変化量に基づいて吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を予測し、この変化量をベース筒内充填空気量に加算して筒内充填空気量を予測し、この筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算するようにしても良い。このようにすれば、機械式スロットルシステムの場合でも、筒内充填空気量の演算精度を従来よりも向上させることができ、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【0027】また、上記請求項1～14では、スロットル開度から筒内充填空気量を演算する吸気系モデルを用いたが、吸入空気流量検出手段（エアフロメータ）の出力（吸入空気量）から筒内充填空気量を演算する吸気系モデルを用いる場合は、請求項15のように、吸気系モデルの時定数を、空気量変化が実際よりも早期に現れるように小さい値に設定すると良い。このように、吸気系モデルの時定数を小さくすれば、吸気系モデルで演算した筒内充填空気量の変化が実際よりも早期に現れるた

め、将来の筒内充填空気量を予測するのと同じ効果が得られる。これにより、過渡時の筒内充填空気量の演算精度を従来よりも向上させることができ、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【0028】ところで、前述した請求項2、請求項13では、予測スロットル開度に基づいて吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の変化量を予測するようにしたが、過渡時には、予測スロットル開度に基づいて筒内充填空気量の変化量を予測してから吸気バルブ閉タイミングまでに機関回転速度等の運転パラメータが変化す

10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 1044 1045 1046 1047 1048 1049 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1060 1061 1062 1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1080 1081 1082 1083 1084 1085 1086 1087 1088 1089 1090 1091 1092 1093 1094 1095 1096 1097 1098 1099 1100 1101 1102 1103 1104 1105 1106 1107 1108 1109 1110 1111 1112 1113 1114 1115 1116 1117 1118 1119 1120 1121 1122 1123 1124 1125 1126 1127 1128 1129 1130 1131 1132 1133 1134 1135 1136 1137 1138 1139 1140 1141 1142 1143 1144 1145 1146 1147 1148 1149 1150 1151 1152 1153 1154 1155 1156 1157 1158 1159 1160 1161 1162 1163 1164 1165 1166 1167 1168 1169 1170 1171 1172 1173 1174 1175 1176 1177 1178 1179 1180 1181 1182 1183 1184 1185 1186 1187 1188 1189 1190 1191 1192 1193 1194 1195 1196 1197 1198 1199 1200 1201 1202 1203 1204 1205 1206 1207 1208 1209 1210 1211 1212 1213 1214 1215 1216 1217 1218 1219 1220 1221 1222 1223 1224 1225 1226 1227 1228 1229 1230 1231 1232 1233 1234 1235 1236 1237 1238 1239 1240 1241 1242 1243 1244 1245 1246 1247 1248 1249 1250 1251 1252 1253 1254 1255 1256 1257 1258 1259 1260 1261 1262 1263 1264 1265 1266 1267 1268 1269 1270 1271 1272 1273 1274 1275 1276 1277 1278 1279 1280 1281 1282 1283 1284 1285 1286 1287 1288 1289 1290 1291 1292 1293 1294 1295 1296 1297 1298 1299 1300 1301 1302 1303 1304 1305 1306 1307 1308 1309 1310 1311 1312 1313 1314 1315 1316 1317 1318 1319 1320 1321 1322 1323 1324 1325 1326 1327 1328 1329 1330 1331 1332 1333 1334 1335 1336 1337 1338 1339 1340 1341 1342 1343 1344 1345 1346 1347 1348 1349 1350 1351 1352 1353 1354 1355 1356 1357 1358 1359 1360 1361 1362 1363 1364 1365 1366 1367 1368 1369 1370 1371 1372 1373 1374 1375 1376 1377 1378 1379 1380 1381 1382 1383 1384 1385 1386 1387 1388 1389 1390 1391 1392 1393 1394 1395 1396 1397 1398 1399 1400 1401 1402 1403 1404 1405 1406 1407 1408 1409 1410 1411 1412 1413 1414 1415 1416 1417 1418 1419 1420 1421 1422 1423 1424 1425 1426 1427 1428 1429 1430 1431 1432 1433 1434 1435 1436 1437 1438 1439 1440 1441 1442 1443 1444 1445 1446 1447 1448 1449 1450 1451 1452 1453 1454 1455 1456 1457 1458 1459 1460 1461 1462 1463 1464 1465 1466 1467 1468 1469 1470 1471 1472 1473 1474 1475 1476 1477 1478 1479 1480 1481 1482 1483 1484 1485 1486 1487 1488 1489 1490 1491 1492 1493 1494 1495 1496 1497 1498 1499 1500 1501 1502 1503 1504 1505 1506 1507 1508 1509 1510 1511 1512 1513 1514 1515 1516 1517 1518 1519 1520 1521 1522 1523 1524 1525 1526 1527 1528 1529 1530 1531 1532 1533 1534 1535 1536 1537 1538 1539 1540 1541 1542 1543 1544 1545 1546 1547 1548 1549 1550 1551 1552 1553 1554 1555 1556 1557 1558 1559 1560 1561 1562 1563 1564 1565 1566 1567 1568 1569 1570 1571 1572 1573 1574 1575 1576 1577 1578 1579 1580 1581 1582 1583 1584 1585 1586 1587 1588 1589 1590 1591 1592 1593 1594 1595 1596 1597 1598 1599 1600 1601 1602 1603 1604 1605 1606 1607 1608 1609 1610 1611 1612 1613 1614 1615 1616 1617 1618 1619 1620 1621 1622 1623 1624 1625 1626 1627 1628 1629 1630 1631 1632 1633 1634 1635 1636 1637 1638 1639 1640 1641 1642 1643 1644 1645 1646 1647 1648 1649 1650 1651 1652 1653 1654 1655 1656 1657 1658 1659 1660 1661 1662 1663 1664 1665 1666 1667 1668 1669 1670 1671 1672 1673 1674 1675 1676 1677 1678 1679 1680 1681 1682 1683 1684 1685 1686 1687 1688 1689 1690 1691 1692 1693 1694 1695 1696 1697 1698 1699 1700 1701 1702 1703 1704 1705 1706 1707 1708 1709 1710 1711 1712 1713 1714 1715 1716 1717 1718 1719 1720 1721 1722 1723 1724 1725 1726 1727 1728 1729 1730 1731 1732 1733 1734 1735 1736 1737 1738 1739 1740 1741 1742 1743 1744 1745 1746 1747 1748 1749 1750 1751 1752 1753 1754 1755 1756 1757 1758 1759 1760 1761 1762 1763 1764 1765 1766 1767 1768 1769 1770 1771 1772 1773 1774 1775 1776 1777 1778 1779 1780 1781 1782 1783 1784 1785 1786 1787 1788 1789 1790 1791 1792 1793 1794 1795 1796 1797 1798 1799 1800 1801 1802 1803 1804 1805 1806 1807 1808 1809 1810 1811 1812 1813 1814 1815 1816 1817 1818 1819 1820 1821 1822 1823 1824 1825 1826 1827 1828 1829 1830 1831 1832 1833 1834 1835 1836 1837 1838 1839 1840 1841 1842 1843 1844 1845 1846 1847 1848 1849 1850 1851 1852 1853 1854 1855 1856 1857 1858 1859 1860 1861 1862 1863 1864 1865 1866 1867 1868 1869 1870 1871 1872 1873 1874 1875 1876 1877 1878 1879 1880 1881 1882 1883 1884 1885 1886 1887 1888 1889 1890 1891 1892 1893 1894 1895 1896 1897 1898 1899 1900 1901 1902 1903 1904 1905 1906 1907 1908 1909 1910 1911 1912 1913 1914 1915 1916 1917 1918 1919 1920 1921 1922 1923 1924 1925 1926 1927 1928 1929 1930 1931 1932 1933 1934 1935 1936 1937 1938 1939 1940 1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1960 1961 1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2099 2100 2101 2102 2103 2104 2105 2106 2107 2108 2109 2110 2111 2112 2113 2114 2115 2116 2117 2118 2119 2120 2121 2122 2123 2124 2125 2126 2127 2128 2129 2130 2131 2132 2133 2134 2135 2136 2137 2138 2139 2140 2141 2142 2143 2144 2145 2146 2147 2148 2149 2150 2151 2152 2153 2154 2155 2156 2157 2158 2159 2160 2161 2162 2163 2164 2165 2166 2167 2168 2169 2170 2171 2172 2173 2174 2175 2176 2177 2178 2179 2180 2181 2182 2183 2184 2185 2186 2187 2188 2189 2190 2191 2192 2193 2194 2195 2196 2197 2198 2199 2200 2201 2202 2203 2204 2205 2206 2207 2208 2209 2210 2211 2212 2213 2214 2215 2216 2217 2218 2219 2220 2221 2222 2223 2224 2225 2226 2227 2228 2229 2230 2231 2232 2233 2234 2235 2236 2237 2238 2239 2240 2241 2242 2243 2244 2245 2246 2247 2248 2249 2250 2251 2252 2253 2254 2255 2256 2257 2258 2259 2260 2261 2262 2263 2264 2265 2266 2267 2268 2269 2270 2271 2272 2273 2274 2275 2276 2277 2278 2279 2280 2281 2282 2283 2284 2285 2286 2287 2288 2289 2290 2291 2292 2293 2294 2295 2296 2297 2298 2299 2300 2301 2302 2303 2304 2305 2306 2307 2308 2309 2310 2311 2312 2313 2314 2315 2316 2317 2318 2319 2320 2321 2322 2323 2324 2325 2326 2327 2328 2329 2330 2331 2332 2333 2334 2335 2336 2337 2338 2339 2340 2341 2342 2343 2344 2345 2346 2347 2348 2349 2350 2351 2352 2353 2354 2355 2356 2357 2358 2359 2360 2361 2362 2363 2364 2365 2366 2367 2368 2369 2370 2371 2372 2373 2374 2375 2376 2377 2378 2379 2380 2381 2382 2383 2384 2385 2386 2387 2388 2389 2390 2391 2392 2393 2394 2395 2396 2397 2398 2399 2400 2401 2402 2403 2404 2405 2406 2407 2408 2409 2410 2411 2412 2413 2414 2415 2416 2417 2418 2419 2420 2421 2422 2423 2424 2425 2426 2427 2428 2429 2430 2431 2432 2433 2434 2435 2436 2437 2438 2439 2440 2441 2442 2443 2444 2445 2446 2447 2448 2449 2450 2451 2452 2453 2454 2455 2456 2457 2458 2459 2460 2461 2462 2463 2464 2465 2466 2467 2468 2469 2470 2471 2472 2473 2474 2475 2476 2477 2478 2479 2480 2481 2482 2483 2484 2485 2486 2487 2488 2489 2490 2491 2492 2493 2494 2495 2496 2497 2498 2499 2500 2501 2502 2503 2504 2505 2506 2507 2508 2509 2510 2511 2512 2513 2514 2515 2516 2517 2518 2519 2520 2521 2522 2523 2524 2525 2526 2527 2528 2529 2530 2531 2532 2533 2534 2535 2536 2537 2538 2539 2540 2541 2542 2543 2544 2545 2546 2547 2548 2549 2550 2551 2552 2553 2554 2555 2556 2557 2558 2559 2560 2561 2562 2563 2564 2565 2566 2567 2568 2569 2570 2571 2572 2573 2574 2575 2576 2577 2578 2579 2580 2581 2582 2583 2584 2585 2586 2587 2588 2589 2590 2591 2592 2593 2594 2595 2596 2597 2598 2599 2600 2601 2602 2603 2604 2605 2606 2607 2608 2609 2610 2611 2612 2613 2614 2615 2616 2617 2618 2619 2620 2621 2622 2623 2624 2625 2626 2627 2628 2629 2630 2631 2632 26

【0037】更に、この電子制御ユニット25は、ROM30に記憶されている図10乃至図18の各ルーチンをCPU29で実行することで、後述するスロットル遅延制御を行うと共に、吸気バルブ閉タイミング（筒内充填空気量の確定タイミング）のスロットル開度を予測して、その予測スロットル開度に基づいて筒内充填空気量を予測し、その予測筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算し、その演算結果に応じたパルス幅の噴射パルスを駆動回路45に出力して、燃料噴射弁20の噴射時間（燃料噴射量）を制御する。

【0038】この電子制御ユニット25による燃料噴射量の演算方法を図2乃至図9に基づいて説明する。図2は、スロットル遅延制御と筒内充填空気量の予測方法の概要を示すブロック線図である。エンジン運転中は、アクセル操作量がアクセルセンサ27によって検出され、開度指令値演算手段によってアクセル操作量等に応じてマップ等により開度指令値（目標スロットル開度）が設定される。この開度指令値は、ディレイ手段で所定時間T_{dly}遅延されて電子スロットルシステムのモータ駆動回路32に出力される。この開度指令値の遅延時間T_{dly}は、図3に示すように、ある気筒の燃料噴射量TAUの演算タイミング（筒内充填空気量の予測タイミング）から当該気筒の吸気バルブ閉タイミングまでの時間T_{inj}から電子スロットルシステムの無駄時間T_{th}を差し引いた時間（T_{dly} = T_{inj} - T_{th}）に設定される。

【0039】この場合、電子スロットルシステムの無駄時間T_{th}は、スロットル駆動速度が変化しても変化しないが、燃料噴射量TAUの演算タイミング（筒内充填空気量の予測タイミング）から吸気バルブ閉タイミングまでの時間T_{inj}は、エンジン回転速度が高回転になるほど短くなる。このため、高回転時には、燃料噴射量の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの時間T_{inj}が電子スロットルシステムの無駄時間T_{th}よりも短くなるおそれがある。

【0040】この点を考慮して、本実施形態（1）では、燃料噴射量TAUの演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの時間T_{inj}が電子スロットルシステムの無駄時間T_{th}よりも短くなるときは、開度指令値を遅延させずに出力する。

【0041】一方、ディレイ手段で遅延させる前の開度指令値 ϕ_{total} は、電子スロットルモデルに入力される。この電子スロットルモデルは、図4に示すように、電子スロットル動特性モデル部と変化量演算部とから構

成されている。この電子スロットル動特性モデル部は、電子スロットルシステムの応答遅れ特性を二次遅れ要素 $[\omega^2 / (s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2)]$ で模擬すると共に、スロットルバルブ15の駆動速度の限界特性を速度リミッタで模擬し、遅延前の開度指令値 ϕ_{total} から予測スロットル開度 θ_f を演算する。二次遅れ要素の2つの積分要素（1/s）は矩形積分である。尚、演算処理を簡略化するために、二次遅れ要素に代えて、一次遅れ要素を用いても良い。

【0042】また、電子スロットルモデルの変化量演算部は、微分要素（d/dt）と積分要素（ \int ）とから成り、微分要素（d/dt）で、電子スロットル動特性モデル部の出力（予測スロットル開度）のサンプリング時間T_s間の差分を求め、この差分を積分要素（ \int ）で積分することで、スロットル開度の予測変化量 $\Delta\theta$ を演算する。この際、積分要素（ \int ）で差分を積分する時間は、燃料噴射量TAUの演算タイミング（筒内充填空気量の予測タイミング）から吸気バルブ閉タイミングまでの時間T_{inj}と、電子スロットルシステムの無駄時間T_{th}の大きい方である。これにより、変化量演算部から出力されるスロットル開度の予測変化量 $\Delta\theta$ は、吸気バルブ閉タイミング（又は無駄時間T_{th}経過後）までのスロットル開度の予測変化量となる。

【0043】電子スロットルモデルは、変化量演算部から出力されるスロットル開度の予測変化量 $\Delta\theta$ を現在のスロットル開度 θ （スロットル開度センサ18の出力）に加算して、吸気バルブ閉タイミング（又は無駄時間T_{th}経過後）の予測スロットル開度 θ_f を求め、この予測スロットル開度 θ_f を吸気系モデルに出力する。

【0044】この吸気系モデルは、図5に示すように、予測スロットル通過空気量演算部と予測吸気圧演算部と予測筒内充填空気量演算部とから成り、予測スロットル通過空気量演算部は、吸入空気が通過するスロットル開口をオリフィスと見なして予測スロットル開度等から予測スロットル通過空気量G_{in}を演算する。また、予測吸気圧演算部は、予測スロットル通過空気量G_{in}から予測吸気圧P_mを演算し、予測筒内充填空気量演算部は、予測吸気圧P_mから予測筒内充填空気量G_{cf}を演算する。予測スロットル通過空気量演算部は、次のオリフィスの式で表される。

【0045】

【数3】

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a) \quad \text{----(1)}$$

G_{in} : スロットル通過空気量[kg/sec]

μ : 流量係数

A : スロットル開口有効断面積[m²]

P_a : 大気圧[Pa]

P_m : 吸気圧[Pa]

R : 気体定数

T : 吸気温度[K]

$$A = \pi r^2 (1 - \cos^2 \theta) \quad \text{----(2)}$$

r : スロットルバルブの半径[m]

θ : スロットル開度

$$P_m \leq \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \cdot P_a \text{ の時}$$

$$f(P_m/P_a) = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa + 1} \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}} \quad \text{----(3)}$$

$$P_m > \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \cdot P_a \text{ の時}$$

$$f(P_m/P_a) = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa - 1} \left\{ \left(\frac{P_m}{P_a} \right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{P_m}{P_a} \right)^{\frac{\kappa + 1}{\kappa}} \right\}} \quad \text{----(4)}$$

κ : 比熱比

【0046】ここで、 $f(P_m/P_a)$ は、上式により演算しても良いが、演算処理を簡略化するために、 P_m/P_a をパラメータとするテーブルから算出すると良い。 $f(P_m/P_a)$ のテーブルは、最大値を1として正規化すると、図6に示すような曲線で表される。この $f(P_m/P_a)$ は、上記(3)式、(4)式から明らかのように、物理的には負の値にならないため、図6の例では、 $P_m/P_a > 1$ のときに、 $f(P_m/P_a) = 0$ に設定している。

【0047】しかし、 $P_m/P_a > 1$ のときに $f(P_m/P_a) = 0$ にすると、 P_m/P_a が1付近で変動する高負荷運転時に、図8に示すように、吸気系モデルの演算値(スロットル通過空気量 G_{in} 、予測吸気圧 P_m 、予測筒内充填空気量 G_{cf})が振動してハンチングが発生する傾向がある。この原因は、 P_m/P_a が1付近の領域で $f(P_m/P_a)$ の変化率が大きくなることと、高負荷運転時に P_m/P_a が演算上1以上になる毎に $f(P_m/P_a)$ が0でガードされるため、高負荷運転時の $f(P_m/P_a)$ の変化が不規則になるためである。

【0048】この対策として、本実施形態(1)では、 $f(P_m/P_a)$ のテーブルを図7に示すように設定している。

つまり、 $P_m/P_a < 1$ のときに $f(P_m/P_a) =$ 正の値

$P_m/P_a = 1$ のときに $f(P_m/P_a) = 0$

$P_m/P_a > 1$ のときに $f(P_m/P_a) =$ 負の値

に設定している。これにより、 $f(P_m/P_a)$ のテーブルは、 $P_m/P_a = 1$ を境にして土が反転する対称な変化特性となっている。

【0049】図7のような変化特性の $f(P_m/P_a)$ のテーブルを用いると、 P_m/P_a が1付近で変動する高負荷運転時に、 $f(P_m/P_a)$ の変化が規則的なものとなる。このため、吸気系モデルの演算値(スロットル通過空気量 G_{in} 又は予測吸気圧 P_m 又は予測筒内充填空気量 G_{cf})を平均化することで、図9に示すように、高負荷運転時の吸気系モデルの出力(予測筒内充填空気量 G_{cf})を安定化させることができ、ハンチングを防止することができる。

【0050】予測スロットル通過空気量演算部に入力する吸気圧 P_m は、予測吸気圧演算部で演算した前回の予測吸気圧 $P_m(i-1)$ が用いられるが、吸気圧センサ16の出力を用いるようにしても良い。

【0051】また、予測スロットル通過空気量 G_{in} の演算に用いるスロットル開口有効断面積 A は、スロットル

開度 θ を前記 (2) 式に代入して算出しても良いが、本実施形態 (1) では、演算処理を簡略化するために、流量係数 μ とスロットル開口有効断面積 A との乗算値 $\mu \cdot A$ を、予測スロットル開度をパラメータとするテーブルから算出する。

【0052】次に、予測吸気圧 P_m と予測筒内充填空気量 G_{cf} の演算方法を説明する。スロットルバルブ 15 からエンジン 11 の吸気口までの吸気通路（以下「スロットル下流吸気通路」という）を流れる吸入空気の流れに質量保存の法則を適用すると、次の (5) 式で表される *10

$$G_{cf} = \eta \cdot (N_e / 2) \cdot V_c \cdot (Q_m / V_{IM}) \quad \cdots (5)$$

η : 体積効率

N_e : エンジン回転速度

V_c : シリンダ容積

V_{IM} : スロットル下流吸気通路の内容積

【0054】ここで、体積効率 η は、吸入空気流量によって変化するため、吸入空気流量と相関関係のあるパラメータであるエンジン回転速度 N_e と吸気圧 P_m とに基づいてマップ等により設定される。ここで用いる P_m は予測吸気圧の前の値 $P_m(i-1)$ である。

$$\eta = f(N_e, P_m) \quad *$$

$$\{Q_m(i) - Q_m(i-1)\} / T_s = G_{in}(i) - Q_m(i-1) / \tau_{IM} \quad \cdots (6)$$

ここで、 T_s はサンプリング時間である。

【0057】この (9) 式を整理すると、スロットル下★

$$Q_m(i) = \{G_{in}(i) - Q_m(i-1) / \tau_{IM}\} \cdot T_s + Q_m(i-1) \quad [kg] \quad \cdots (10)$$

【0058】また、スロットル下流吸気通路に気体の状態方程式を適用すると、スロットル下流吸気通路内の空★

$$P_m = Q_m \cdot R \cdot T / V_{IM} \quad [Pa] \quad \cdots (11)$$

R : 気体定数

T : 吸気温度

吸気系モデルの予測吸気圧演算部は、上記 (10) 式と (11) 式を用いて、予測吸気圧 P_m を演算する。 ◆

$$G_{cf} = \eta \cdot V_c \cdot P_m / (2 \cdot R \cdot T) \quad [kg/rev] \quad \cdots (12)$$

吸気系モデルの予測筒内充填空気量演算部は、上記 (12) 式を用いて、仮の予測筒内充填空気量 G_{cf} を演算する。

【0060】図 2 に示すように、吸気系モデルの出力（仮の予測筒内充填空気量 G_{cf} ）は、微分要素 (d/dt) に入力され、サンプリング時間 t_s 間の差分が求められ、その差分が積分要素 (\int) で積分される。その積分時間は、燃料噴射量 TAU の演算タイミング（筒内充填空気量の予測タイミング）から吸気バルブ閉タイミングまでの時間 T_{inj} である。積分要素 (\int) で積分した値は、吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の予測変化量 ΔG_c に相当した値となり、この予測変化量 ΔG_c をベース吸気系モデルにより演算したベース筒内充填空気量 G_{base} に加算して、最終的な予測筒内充填空気量 G_c （吸気バルブ閉タイミングで確定する筒内充填空気量）を求める。

* 関係が得られる。

$$d/dt \cdot Q_m = G_{in} - G_{cf} \quad \cdots (5)$$

ここで、 Q_m はスロットル下流吸気通路内の空気量、 $d/dt \cdot Q_m$ はスロットル下流吸気通路内の空気量の変化量、 G_{in} は予測スロットル通過空気量、 G_{cf} は予測筒内充填空気量である。

【0053】また、スロットル下流吸気通路に気体の状態方程式を適用すると、次の (6) 式に表す関係が得られる。

※【0055】また、吸気系モデルのモデル時定数 τ_{IM} は次の (7) 式で表される。

$$\tau_{IM} = 2 \cdot V_{IM} / (V_c \cdot \eta \cdot N_e) \quad \cdots (7)$$

上記 (5) ~ (7) 式から次の (8) 式が導き出される。

$$d/dt \cdot Q_m = G_{in} - Q_m / \tau_{IM} \quad \cdots (8)$$

【0056】上記 (8) 式は連続式であるため、これを電子制御ユニット 25 で演算処理できるようにするため 20 に、次のように離散化する。

★流吸気通路内の空気量 Q_m の演算式が次のように導き出される。

☆気量 Q_m から予測吸気圧 P_m を演算する式が次のように導き出される。

30 ◆【0059】上記 (11) 式と (6) 式とから、次の (12) 式で表される予測筒内充填空気量 G_{cf} の演算式が導き出される。

【0061】次に、ベース筒内充填空気量の演算方法を説明する。このベース筒内充填空気量は、エアフロメータ 14 の出力（吸入空気流量）に基づいて演算した現在の筒内充填空気量である。従って、このベース筒内充填空気量には、現在から吸気バルブ閉タイミング（筒内充填空気量の確定タイミング）までのスロットル開度の変化による筒内充填空気量の変化量が含まれない。一般に、エアフロメータ 14 の出力から筒内充填空気量を演算する方法は、定常時に吸入空気流量 = 筒内充填空気量となるため、定常時の筒内充填空気量の演算精度が良いという利点があるが、過渡時には、エアフロメータ 14 の応答遅れ（例えば熱式のエアフロメータ 14 の場合は、エアフロメータ 14 のセンサ部自身のヒートマスによる応答遅れ）が存在するため、過渡時の応答性が悪いという欠点がある。

50 【0062】そこで、本実施形態 (1) では、過渡時の

応答性を向上させるために、エアフロメータ 14 の出力の応答遅れを応答遅れ補償要素（位相進み補償要素）により補償し、この応答遅れ補償要素の出力をベース吸気系モデルに入力して該ベース吸気系モデルの出力であるベース筒内充填空気量 G_{base} を演算する。このベース吸気系モデルの伝達関数は次の一次遅れ式で表される。

$$G_{base} = 1 / (1 + \tau_{IM} \cdot s) \cdot G_{dlay}$$

G_{base} : ベース筒内充填空気量

G_{dlay} : 応答遅れ補償要素の出力

τ_{IM} : 時定数

【0063】このベース吸気系モデルの時定数 τ_{IM} は、次式で表される。

$$\tau_{IM} = 2 \cdot V_{IM} / (V_c \cdot \eta \cdot N_e)$$

V_{IM} : スロットル下流側の吸気通路の内容積

V_c : シリンダ容積

η : 体積効率

N_e : エンジン回転速度

ここで、体積効率 η は、吸入空気流量によって変化するため、吸入空気流量と相関関係のあるパラメータであるエンジン回転速度 N_e と吸気圧 P （吸気圧センサ 16 の出力）とに基づいてマップ等により設定される。

【0064】このようなベース吸気系モデルにより演算したベース筒内充填空気量 G_{base} と、予測スロットル開度等から演算した筒内充填空気量の予測変化量 ΔG_c とを積算して、最終的な予測筒内充填空気量 G_c （吸気バルブ閉タイミングで確定する筒内充填空気量）を求め、この予測筒内充填空気量 G_c とエンジン回転速度等に応じて燃料噴射量を設定する。

【0065】以上説明した図 2 の各ブロックの機能は、図 10 乃至図 18 の各ルーチンによって実現される。以下、各ルーチンの処理内容を詳細に説明する。

【0066】【メインルーチン】図 10 のメインルーチンは、イグニッションスイッチのオン後に所定周期で実行される。本ルーチンが起動されると、まずステップ 100 で、後述する図 11 のスロットル遅延制御ルーチンを実行し、スロットル遅延制御の実行条件が成立していれば、アクセル操作量等に応じて設定した開度指令値 ϕ_{total} を所定時間 T_{dly} 遅延させるスロットル遅延制御を実行する。この後、ステップ 200 に進み、後述する図 12 の予測筒内充填空気量演算ルーチンを実行し、予測筒内充填空気量 G_c （吸気バルブ閉タイミングで確定する筒内充填空気量）を演算する。

【0067】この後、ステップ 300 に進み、基本噴射量演算ルーチン（図示せず）を実行し、予測筒内充填空気量 G_c とエンジン回転速度 N_e に応じてマップ等により基本噴射量 T_p を演算する。この後、ステップ 400 に進み、後述する図 18 の噴射量補正ルーチンを実行し、負荷変動に対する燃料補正係数 K_{load} （加減速補正係数）、空燃比フィードバック補正係数、水温補正係数等の各種の補正係数 K_c を基本噴射量 T_p に乗算して最

終的な燃料噴射量を求める。

【0068】【スロットル遅延制御ルーチン】図 11 のスロットル遅延制御ルーチンは、図 10 のメインルーチンのステップ 100 で実行されるサブルーチンである。本ルーチンが起動されると、まず、ステップ 101 で、アクセル操作量（アクセルセンサ 27 の出力）等に応じて、開度指令値 ϕ_{total} を設定する。この際、開度指令値 ϕ_{total} は、アクセル操作量に応じた要求開度 ϕ_{pedal} と、アイドル回転速度制御（ISC）による要求開度 ϕ_{isc} 等の様々な要求開度を積算して求める。

$$\phi_{total} = \phi_{pedal} + \phi_{isc}$$

【0069】このステップ 101 の処理が特許請求の範囲でいう開度指令値演算手段としての役割を果たす。

【0070】この後、ステップ 102 に進み、スロットル遅延制御禁止条件が成立しているか否かを判定する。ここで、スロットル遅延制御禁止条件としては、例えば、①始動時又は始動直後の所定時間内であること、②アイドル運転時又はアクセル操作量が小さいこと、③自動変速機がニュートラル状態であること等であり、これらの条件のうちのいずれか 1 つでも該当する条件があれば、スロットル遅延制御禁止条件が成立し、それ以外の場合は、スロットル遅延制御禁止条件が不成立となる。

【0071】始動時や始動直後は、本来的にエンジン回転が不安定であるため、スロットル遅延制御を行うと、エンジン回転変動が更に大きくなるおそれがある。また、アイドル運転時は、アイドル回転速度制御（ISC）が作動してアイドル回転速度をフィードバック制御するため、スロットル遅延制御を行うと、アイドル回転速度制御がスロットル遅延制御と干渉してアイドル回転が不安定になるおそれがある。また、自動変速機がニュートラル状態のときは、運転者がレーシング（エンジンの空吹し）を行う可能性があるため、ニュートラル状態のときに、スロットル遅延制御を行うと、レーシング実行時にエンジン回転速度の立上りが遅れて、運転者にアクセル応答性・加速性が悪いと感じさせてしまうおそれがある。

【0072】そこで、本実施形態（1）では、スロットル遅延制御による悪影響が現れる運転状態の時（始動時、始動直後、アイドル運転時、ニュートラル時）にスロットル遅延制御を禁止することで、スロットル遅延制御による悪影響を無くすものである。

【0073】もし、ステップ 102 で、スロットル遅延制御禁止条件が成立していると判定されれば、スロットル遅延制御が禁止され、ステップ 103 に進み、現在（最新）の開度指令値 $\phi_{total}(i)$ を遅延させずにモータ駆動回路 32 に出力する。

【0074】一方、ステップ 102 で、スロットル遅延制御禁止条件が不成立と判定されれば、ステップ 104 以降の処理によって、次のようにしてスロットル遅延制御を実施する。まず、ステップ 104 で、開度指令値 ϕ

total の遅延時間 T_{dly} を決定する。この際、遅延時間 T_{dly} は、図 3 に示すように、燃料噴射量 T_{AU} の演算タイミング（筒内充填空気量の予測タイミング）から吸気バルブ閉タイミングまでの時間 T_{inj} から電子スロットルシステムの無駄時間 T_{th} を差し引いた時間（ $T_{dly} = T_{inj} - T_{th}$ ）に設定される。但し、燃料噴射量 T_{AU} の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの時間 T_{inj} が無駄時間 T_{th} よりも短くなる場合（ $T_{inj} - T_{th} < 0$ の場合）は、遅延時間 T_{dly} を 0 とする。

【0075】この後、ステップ 105 に進み、遅延時間 T_{dly} 内のサンプリング数 C_{dly} を次式により演算する。

$$C_{dly} = T_{dly} / T_s$$

ここで、 T_s はサンプリング時間である。

【0076】この後、ステップ 106 に進み、現在よりも遅延時間 T_{dly} 内のサンプリング数 C_{dly} 前に演算した開度指令値 $\phi_{total}(i - C_{dly})$ をモータ駆動回路 32 に出力する。これにより、開度指令値 ϕ_{total} の出力タイミングを遅延時間 T_{dly} だけ遅延させる。これらステップ 102 ~ 106 の処理が特許請求の範囲でいうディレイ手段としての役割を果たす。

【0077】【予測筒内充填空気量演算ルーチン】図 12 の予測筒内充填空気量演算ルーチンは、図 11 のメインルーチンのステップ 200 で実行されるサブルーチンであり、特許請求の範囲でいう予測筒内充填空気量演算手段としての役割を果たす。

【0078】本ルーチンが起動されると、まずステップ 201 で、後述する図 13 の予測吸気圧演算ルーチンを実行し、予測吸気圧 P_m （吸気バルブ閉タイミングの吸気圧）を演算する。この後、ステップ 202 に進み、予

$$G_{cf}(i) = \eta \cdot V_c \cdot P_m / (2 \cdot R \cdot T) \quad [kg / rev]$$

η : 体積効率

V_c : シリンダ容積

R : 気体定数

T : 吸気温度

【0079】この後、ステップ 203 に進み、図 11 のステップ 102 と同じ方法で、スロットル遅延制御禁止条件が成立しているか否かを判定する。スロットル遅延制御禁止条件が成立する場合は、スロットル遅延制御を実施せずにステップ 203 からステップ 204 に進み、燃料噴射量の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の予測変化量 ΔG_c を 0 に設定する。

【0080】一方、スロットル遅延制御禁止条件が不成立の場合は、図 11 のスロットル遅延制御ルーチンによってスロットル遅延制御を実施して、ステップ 203 からステップ 205 に進み、予測時間 T_{inj} 内のサンプリ

ング数 C_p を次式により演算する。

$$C_p = T_{inj} / T_s$$

ここで、予測時間 T_{inj} は、燃料噴射量の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの時間であり、 T_s はサンプリング時間である。

【0081】この後、ステップ 206 に進み、燃料噴射量の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量 G_{cf} の予測変化量 ΔG_c を次式により演算する。

$$\Delta G_c = G_{cf}(i) - G_{cf}(i - C_p)$$

ここで、 $G_{cf}(i)$ は、今回の予測筒内充填空気量（つまり吸気バルブ閉タイミングの演算タイミングの予測筒内充填空気量）であり、 $G_{cf}(i - C_p)$ は、現在よりも予測時間 T_{inj} 内のサンプリング数 C_p 前に演算した筒内充填空気量（つまり燃料噴射量の演算タイミングの筒内充填空気量）である。

【0082】予測変化量 ΔG_c の演算後、ステップ 207 に進み、ベース筒内充填空気量演算ルーチン（図示せず）を実行し、ベース筒内充填空気量 G_{base} を演算する。この際、エアフロメータ 14 の出力の応答遅れを応答遅れ補償要素（位相進み補償要素）により補償し、この応答遅れ補償要素の出力 G_{dlay} を用いて、次の伝達関数によりベース筒内充填空気量 G_{base} を演算する。

$$G_{base} = 1 / (1 + \tau_{IM} \cdot s) \cdot G_{dlay}$$

ここで、 τ_{IM} は時定数である。上式は、説明を簡略化するために、ベース筒内充填空気量の演算式を連続系で表しているが、電子制御ユニット 25 は、上式を離散化した式を用いてベース筒内充填空気量 G_{base} を演算する。

【0083】その後、ステップ 208 に進み、このベース筒内充填空気量 G_{base} に、上記ステップ 206 で求めた予測変化量 ΔG_c を加算して最終的な予測筒内充填空気量 G_c を求める。

$$G_c = G_{base} + \Delta G_c$$

【0084】【予測吸気圧演算ルーチン】図 13 の予測吸気圧演算ルーチンは、図 12 の予測筒内充填空気量演算ルーチンのステップ 201 で実行されるサブルーチンである。本ルーチンが起動されると、まずステップ 211 で、後述する図 14 の予測スロットル通過空気量演算ルーチンを実行し、予測スロットル通過空気量 G_{in} を演算する。この後、ステップ 212 に進み、後述する図 16 の吸気系モデル時定数演算ルーチンを実行し、吸気系モデルのモデル時定数 τ_{IM} を演算する。この後、ステップ 213 に進み、スロットル下流吸気通路内の空気量 Q_m を次式により演算する。

$$Q_m(i) = \{G_{in}(i) - Q_m(i-1) / \tau_{IM}\} \cdot T_s + Q_m(i-1)$$

ここで、 $Q_m(i)$ は今回のスロットル下流吸気通路内の空気量、 $Q_m(i-1)$ は前回のスロットル下流吸気通路内の空気量、 T_s はサンプリング時間である。

【0085】この後、ステップ 214 に進み、スロット

ル下流吸気通路内の空気量 Q_m から予測吸気圧 P_m を次式により演算する。

$$P_m = Q_m \cdot R \cdot T / V_{IM}$$

ここで、 R は気体定数、 T は吸気温度、 V_{IM} はスロットル下流吸気通路の内容積である。

【0086】この後、ステップ 215 に進み、今回の予測吸気圧 $P_m(i)$ と前回の予測吸気圧 $P_m(i-1)$ との平均値を算出することで、予測吸気圧 P_m を平均化する。

$$P_m(i) = \{P_m(i) + P_m(i-1)\} / 2$$

【0087】【予測スロットル通過空気量演算ルーチン】図 14 の予測スロットル通過空気量演算ルーチン *

$$G_{in} = \mu \cdot A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f(P_m/P_a)$$

G_{in} : スロットル通過空気量[kg/sec]

μ : 流量係数

A : スロットル開口有効断面積[m²]

P_a : 大気圧[Pa]

P_m : 吸気圧[Pa]

R : 気体定数

T : 吸気温度[K]

$f(P_m/P_a)$: 吸気圧 P_m と大気圧 P_a の比で決まる物理値

【0090】この際、 $\mu \cdot A$ は、予測スロットル開度 θ f をパラメータとするテーブルから算出し、 $f(P_m/P_a)$ は、 P_m/P_a をパラメータとする図 7 のテーブルから算出する。吸気圧 P_m は、前回の予測吸気圧 $P_m(i-1)$ が用いられ、大気圧 P_a と吸気温度 T は、それぞれセンサの検出値が用いられる。尚、大気圧 P_a は標準大気圧（固定値）を用いても良い。

【0091】【予測スロットル開度演算ルーチン】図 15 の予測スロットル開度演算ルーチンは、図 14 の予測スロットル通過空気量演算ルーチンのステップ 221 で実行されるサブルーチンであり、特許請求の範囲でいう予測スロットル開度演算としての役割を果たす。

【0092】本ルーチンが起動されると、まずステップ 231 で、アクセル操作量等に応じて開度指令値 ϕ_{total} を設定する。この際、開度指令値 ϕ_{total} は、アクセル操作量に応じた要求開度 ϕ_{pedal} と、アイドル回転速度制御 (ISC) による要求開度 ϕ_{isc} 等の様々な要求開度を積算して求める。

$$\phi_{total} = \phi_{pedal} + \phi_{isc}$$

【0093】この後、ステップ 232 に進み、スロットル開度センサ 18 で検出した現在のスロットル開度 θ を読み込んだ後、ステップ 233 に進み、図 4 に示す電子スロットルモデルの電子スロットル動特性モデル部と変化量演算部とによって遅延前の開度指令値 ϕ_{total} を用

*は、図 13 の予測吸気圧演算ルーチンのステップ 211 で実行されるサブルーチンである。本ルーチンが起動されると、まずステップ 221 で、後述する図 15 の予測スロットル開度演算ルーチンを実行し、吸気バルブ閉タイミングの予測スロットル開度 θ_f を演算する。この後、ステップ 222 に進み、大気圧 P_a 、吸気温度 T 及び前回の予測吸気圧 $P_m(i-1)$ を読み込む。

【0088】この後、ステップ 223 に進み、予測スロットル通過空気量 G_{in} を次式により演算する。

【0089】

【数 4】

いてスロットル開度の予測変化量 $\Delta \theta$ を演算する。この予測変化量 $\Delta \theta$ は、燃料噴射量 TAU の演算タイミング（筒内充填空気量の予測タイミング）から吸気バルブ閉タイミングまでの時間 T_{inj} のスロットル開度の予測変化量である。但し、吸気バルブ閉タイミングまでの時間 T_{inj} が電子スロットルシステムの無駄時間 T_{th} よりも短い場合は、この無駄時間 T_{th} 内のスロットル開度の予測変化量 $\Delta \theta$ が求められる。

【0094】この後、ステップ 234 に進み、現在のスロットル開度 θ に予測変化量 $\Delta \theta$ を加算して予測スロットル開度 θ_f を求める。

$$\theta_f = \theta + \Delta \theta$$

この予測スロットル開度 θ_f は、吸気バルブ閉タイミング（又は無駄時間 T_{th} 経過後）の予測スロットル開度である。

【0095】【吸気系モデル時定数演算ルーチン】図 16 の吸気系モデル時定数演算ルーチンは、図 13 の予測吸気圧演算ルーチンのステップ 212 で実行されるサブルーチンである。本ルーチンが起動されると、まずステップ 241 で、後述する図 17 の体積効率演算ルーチンを実行して、体積効率 η を演算する。この後、ステップ 242 に進み、モデル時定数 τ_{IM} を次式により演算する。

$$\tau_{IM} = 2 \cdot V_{IM} / (V_c \cdot \eta \cdot N_e / 60)$$

ここで、 V_{im} はスロットル下流吸気通路の内容積（固定値）、 V_c はシリンダ容積（固定値）、 N_e はエンジン回転速度（rpm）である。

【0096】【体積効率演算ルーチン】図17の体積効率演算ルーチンは、図16の吸気系モデル時定数演算ルーチンのステップ241で実行されるサブルーチンである。本ルーチンが起動されると、まずステップ151で、前回の吸気圧 $P_{m(i-1)}$ 、大気圧 P_a 、吸気温度 T 、エンジン回転速度 N_e 、バルブタイミング VVT 、冷却水温 T_{HW} を読み込む。この後、ステップ152に進み、 P_m/P_a 、エンジン回転速度 N_e 、バルブタイミング VVT をパラメータとする体積効率マップを検索して、現在のエンジン運転状態に応じた基本体積効率 η_r を演算し、この基本体積効率 η_r を冷却水温 T_{HW} に応じた補正値で補正して体積効率 η を求める。

【0097】【噴射量補正ルーチン】図18の噴射量補正ルーチンは、図10のメインルーチンのステップ400で実行されるサブルーチンであり、基本噴射量演算ルーチン（図示せず）と共に特許請求の範囲でいう燃料噴射量演算手段としての役割を果たす。

【0098】本ルーチンが起動されると、まずステップ401で、アクセル操作による負荷変動（筒内充填空気量の変動）であるか否かを、例えばアクセル操作量が設定値以上であるか否か、又は、アクセル操作量の変化量が設定値以上であるか否かによって判定する。もし、アクセル操作による負荷変動と判定されれば、ステップ402に進み、負荷変動（筒内充填空気量の変動）に対する燃料補正係数 K_{load} を小さい値 K_1 に設定する。この理由は、本実施形態（1）の筒内充填空気量の演算方法では、アクセル操作による負荷変動（筒内充填空気量の変動）を精度良く予測することができるため、燃料噴射量に対する補正を少なくすることができるためである。

【0099】一方、アクセル操作による負荷変動でないと判定された場合（例えば自動変速機をニュートラルレンジからドライブレンジにシフトした時や、パワーステアリング、ブレーキ、エアコン等による負荷変動の場合）には、ステップ403に進み、負荷変動に対する燃料補正係数 K_{load} を大きい値 K_2 に設定する。この理由は、アクセル操作以外の要因による負荷変動は、アクセル操作量からは予測できないため、アクセル操作以外の要因による負荷変動に対しては、燃料噴射量に対する補正を多くすることが望ましいためである。

【0100】以上のようにして、ステップ402又は403で、負荷変動に対する燃料補正係数 K_{load} を決定した後、ステップ404に進み、負荷変動以外の要因に対する各種の燃料補正係数 K_c （例えば空燃比フィードバック補正係数、水温補正係数、学習補正係数等）を演算し、次のステップ405で、基本噴射量 T_p 、燃料補正係数 K_{load} 、 K_c 及び無効噴射時間 T_v を用いて、最終的な燃料噴射量（噴射パルス幅） T_{AU} を次式により演

算する。

$$T_{AU} = T_p \times K_{load} \times K_c + T_v$$

【0101】以上説明した各ルーチンによって演算した予測スロットル開度と予測筒内充填空気量の挙動の一例を図19のタイムチャートに示している。エンジン運転中は、アクセル操作量等に応じて開度指令値 ϕ_{total} を設定し、この開度指令値 ϕ_{total} の出力タイミングを遅延時間 T_{dly} だけ遅延させる。この際、遅延時間 T_{dly} は、図3に示すように、燃料噴射量 T_{AU} の演算タイミング（筒内充填空気量の予測タイミング）から吸気バルブ閉タイミングまでの時間 T_{inj} から電子スロットルシステムの無駄時間 T_{th} を差し引いた時間（ $T_{dly} = T_{inj} - T_{th}$ ）に設定される。但し、燃料噴射量 T_{AU} の演算タイミングから吸気バルブ閉タイミングまでの時間 T_{inj} が、電子スロットルシステムの無駄時間 T_{th} よりも短くなる場合（ $T_{inj} - T_{th} < 0$ の場合）は、遅延時間 T_{dly} を0とする。

【0102】遅延前の開度指令値 ϕ_{total} に基づいて図4の電子スロットルモデルによりスロットル開度の予測変化量 $\Delta\theta$ を演算し、この予測変化量 $\Delta\theta$ を現在のスロットル開度 θ （スロットル開度センサ18の出力）に加算して、吸気バルブ閉タイミング（又は無駄時間 T_{th} 経過後）の予測スロットル開度 θ_f を求める。そして、この予測スロットル開度 θ_f を用いて図5の吸気系モデルにより仮の予測筒内充填空気量 G_{cf} を演算し、これを微分・積分処理して吸気バルブ閉タイミングまでの筒内充填空気量の予測変化量 ΔG_c を演算する。この予測変化量 ΔG_c をベース吸気系モデルにより演算したベース筒内充填空気量 G_{base} に加算して、最終的な予測筒内充填空気量 G_c （吸気バルブ閉タイミングで確定する筒内充填空気量）を求める。これにより、筒内充填空気量 G_c を精度良く予測することが可能となり、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【0103】《実施形態（2）》上記実施形態（1）では、ディレイ手段（図2参照）によりスロットル遅延制御を行うようにしたが、図20に示す本発明の実施形態（2）では、ディレイ手段を省いて、スロットル遅延制御を行わず、電子スロットルシステムの無駄時間 T_{th} を利用してスロットル開度を予測する。

【0104】本実施形態（2）では、開度指令値演算手段によってアクセル操作量等に基づいて設定した開度指令値を遅延させずにモータ駆動回路32に出力する。そして、前記実施形態（1）と同様の方法で、電子スロットルモデルによって、開度指令値と現在のスロットル開度（スロットル開度センサ18の出力）とに基づいて吸気バルブ閉タイミング（又は無駄時間 T_{th} 経過後）のスロットル開度を予測し、吸気系モデル（図5の構成）によって、この予測スロットル開度から仮の予測筒内充填空気量を演算し、これを微分・積分処理して、吸気バルブ閉タイミング（又は無駄時間 T_{th} 経過後）までの筒内

充填空気量の予測変化量を演算する。そして、この予測変化量をベース吸気系モデルにより演算したベース筒内充填空気量に加算して、最終的な予測筒内充填空気量を求める。

【0105】以上説明した本実施形態(2)においても、電子スロットルシステムの無駄時間 T_{th} を利用してスロットル開度を予測して、その予測スロットル開度から筒内充填空気量を精度良く予測することが可能となり、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【0106】《実施形態(3)》上記実施形態(1)、(2)は、本発明を電子スロットルシステム付きのエンジンに適用したものであるが、図21に示す実施形態(3)は、スロットル開度をアクセル操作に機械的に連動させる機械式スロットルシステム付きのエンジンに本発明を適用したものである。

【0107】本実施形態(3)では、アクセル操作量と実スロットル開度とが機械的に連動し、スロットルの応答遅れがないため、開度指令値演算手段、ディレイ手段及び電子スロットルモデルが設けられていない。前記実施形態(1)、(2)では、吸気系モデルに予測スロットル開度を入力したが、本実施形態(3)では、現在のスロットル開度(スロットル開度センサ18の出力)を吸気系モデルに入力する。この吸気系モデルの構成は、前記実施形態(1)と実質的に同じであり、現在のスロットル開度から仮の予測筒内充填空気量を演算し、これを微分・積分処理して、吸気バルブ閉タイミング(又は所定期間経過後)までの筒内充填空気量の予測変化量を演算する。そして、この予測変化量をベース吸気系モデルにより演算したベース筒内充填空気量に加算して、最終的な予測筒内充填空気量を求める。

【0108】このようにすれば、機械式スロットルシステムの場合でも、筒内充填空気量の演算精度を従来よりも向上させることができ、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【0109】《実施形態(4)》前記実施形態(1)、(2)では、図2、図20に示すように、電子スロットルモデルによって、開度指令値と現在のスロットル開度(スロットル開度センサ18の出力)とに基づいて吸気バルブ閉タイミング(又は無駄時間 T_{th} 経過後)のスロットル開度を予測し、吸気系モデルによって、この予測スロットル開度から仮の予測筒内充填空気量を演算し、これを微分・積分処理して、吸気バルブ閉タイミング(又は無駄時間 T_{th} 経過後)までの筒内充填空気量の予測変化量を演算した後、この予測変化量をベース吸気系モデルにより演算したベース筒内充填空気量に加算して、最終的な予測筒内充填空気量を求めるようにしている。

【0110】これに対して、図22乃至図25に示す本発明の実施形態(4)では、電子スロットルモデルによ

って、開度指令値と現在のスロットル開度(スロットル開度センサ18の出力)とに基づいて吸気バルブ閉タイミング(又は無駄時間 T_{th} 経過後)のスロットル開度を予測し、吸気系モデルによって、この予測スロットル開度から将来の筒内充填空気量(仮の予測筒内充填空気量)を演算する一方、吸気系モデルによって、現在のスロットル開度(スロットル開度センサ18の出力)に基づいて現在の筒内充填空気量を演算し、将来の筒内充填空気量と現在の筒内充填空気量との偏差(筒内充填空気量の予測変化量に相当)を、ベース吸気系モデルにより演算したベース筒内充填空気量に加算して最終的な予測筒内充填空気量を求め、この最終的な予測筒内充填空気量に基づいて燃料噴射量を演算するようにしている。

【0111】本実施形態(4)でも、図10と同じメインルーチンを実行し、ステップ200で図23の予測筒内充填空気量演算ルーチンを実行する点を除いて、前記実施形態(1)と同じである。

【0112】図23の予測筒内充填空気量演算ルーチンでは、ステップ500で、後述する図24の現在の筒内充填空気量推定ルーチンを実行し、吸気系モデルによって、現在のスロットル開度 θ (スロットル開度センサ18の出力)に基づいて現在の筒内充填空気量 G_{est} を演算する。

【0113】この後、ステップ600に進み、後述する図25の将来の筒内充填空気量演算ルーチンを実行し、電子スロットルモデルによって、開度指令値と現在のスロットル開度 θ とに基づいて吸気バルブ閉タイミング(又は無駄時間 T_{th} 経過後)のスロットル開度 θ_f を予測し、吸気系モデルによって、この予測スロットル開度 θ_f から将来の筒内充填空気量 G_{cf} (仮の予測筒内充填空気量)を演算する。

【0114】この後、ステップ600に進み、前記実施形態(1)と同様の方法でベース筒内充填空気量 G_{base} を演算した後、ステップ700に進み、将来の筒内充填空気量 G_{cf} と現在の筒内充填空気量 G_{est} との偏差(筒内充填空気量の予測変化量に相当)をベース筒内充填空気量 G_{base} に加算して、最終的な予測筒内充填空気量 G_c を求める。

$$G_c = G_{base} + (G_{cf} - G_{est})$$

【0115】図24の現在の筒内充填空気量推定ルーチンでは、まずステップ501で、現在のスロットル開度 θ を読み込み、次のステップ502で、大気圧 P_a 、吸気温度 T 及び吸気圧 P_m を読み込む。この際、吸気圧 P_m は、吸気圧センサ16の検出値を用いたり、或は、後述する図25のステップ601で演算する予測吸気圧の前回値を用いても良い。

【0116】この後、ステップ503に進み、前記実施形態(1)で説明した図14のルーチンと同様の方法で、現在のスロットル通過空気量 G_{in} を演算する。この後、ステップ504に進み、前記実施形態(1)で説明

10

20

30

40

50

した図 16 のルーチンと同様の方法で、吸気系モデルのモデル時定数 τ_{IM} を演算する。

【0117】この後、ステップ 505 に進み、前記実施形態 (1) で説明した図 13 のステップ 213 と同様の方法で、スロットル下流吸気通路内の空気量 Q_m を次式により演算する。

$$Q_m(i) = \{G_{in}(i) - Q_m(i-1) / \tau_{IM}\} \cdot T_s + Q_m(i-1)$$

ここで、 $Q_m(i)$ は今回のスロットル下流吸気通路内の空気量、 $Q_m(i-1)$ は前回のスロットル下流吸気通路内の空気量、 T_s はサンプリング時間である。

【0118】この後、ステップ 506 に進み、スロットル下流吸気通路内の空気量 Q_m から現在の吸気圧 P_m を次式により演算する。

$$P_m = Q_m \cdot R \cdot T / V_{IM}$$

ここで、 R は気体定数、 T は吸気温度、 V_{IM} はスロットル下流吸気通路の内容積である。

【0119】この後、ステップ 507 に進み、今回の吸気圧 $P_m(i)$ と前回の吸気圧 $P_m(i-1)$ との平均値を算出することで、吸気圧 P_m を平均化する。

$$P_m(i) = \{P_m(i) + P_m(i-1)\} / 2$$

【0120】この後、ステップ 508 に進み、この吸気圧 P_m を用いて、次式により現在の筒内充填空気量 G_{est} を演算する。

$$G_{est} = \eta \cdot V_c \cdot P_m / (2 \cdot R \cdot T)$$

η : 体積効率

V_c : シリンダ容積

R : 気体定数

T : 吸気温度

【0121】一方、図 25 の将来の筒内充填空気量演算ルーチンでは、まずステップ 601 で、前記実施形態 (1) で説明した図 13 の予測吸気圧演算ルーチンと同じ処理によって予測吸気圧 P_m (吸気バルブ閉タイミングの吸気圧) を演算する。この後、ステップ 602 に進み、予測吸気圧 P_m を用いて、次式により将来の筒内充填空気量 G_{cf} (吸気バルブ閉タイミングの筒内充填空気量) を演算する。

$$G_{cf} = \eta \cdot V_c \cdot P_m / (2 \cdot R \cdot T)$$

【0122】以上説明した本実施形態 (4) では、現在のスロットル開度に基づいて現在の筒内充填空気量を推定すると共に、将来のスロットル開度を予測して将来の筒内充填空気量を予測し、前記将来の筒内充填空気量と前記現在の筒内充填空気量との偏差から筒内充填空気量の予測変化量を求めるようにしたので、前記実施形態 (1)、(2) よりも筒内充填空気量の予測変化量を精度良く求めることができ、筒内充填空気量の予測精度を向上することができる。

【0123】《実施形態 (5)》上記実施形態 (1) ~ (4) では、スロットル開度から筒内充填空気量を演算する吸気系モデルを用いたが、本発明の実施形態 (5)

では、エアフロメータ 14 (吸入空気流量検出手段) の出力 (吸入空気流量) から筒内充填空気量を演算する吸気系モデルを用い、この吸気系モデルの時定数を、空気量変化が実際よりも早期に現れるように小さい値に設定する。

【0124】本実施形態 (5) では、筒内充填空気量を予測する手段を設ける代わりに、吸気系モデルの時定数を小さい値に設定する。このようにすれば、吸気系モデルで演算した筒内充填空気量の変化が実際よりも早期に現れるため、将来の筒内充填空気量を予測するのと同じ効果が得られる。これにより、過渡時の筒内充填空気量の演算精度を従来よりも向上させることができ、過渡時の空燃比制御精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施形態 (1) を示すエンジン制御システム全体の概略構成図

【図 2】実施形態 (1) の電子制御ユニットの機能を示すブロック線図

【図 3】スロットル遅延制御と予測筒内充填空気量 (予測スロットル開度) の演算タイミングを説明するタイムチャート

【図 4】電子スロットルモデルを示すブロック線図

【図 5】吸気系モデルを示すブロック線図

【図 6】 $f(P_m / P_a)$ のテーブルを概念的に示す図 (その 1)

【図 7】 $f(P_m / P_a)$ のテーブルを概念的に示す図 (その 2)

【図 8】高負荷運転時に図 6 の $f(P_m / P_a)$ のテーブルを用いて演算した予測筒内充填空気量 G_{cf} の挙動を示すグラフ

【図 9】高負荷運転時に図 7 の $f(P_m / P_a)$ のテーブルを用いて演算した予測筒内充填空気量 G_{cf} の挙動を示すグラフ

【図 10】メインルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図 11】スロットル遅延制御ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図 12】筒内充填空気量演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図 13】予測吸気圧演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図 14】予測吸気圧演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図 15】予測スロットル通過空気量演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図 16】吸気系モデル時定数演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図 17】体積効率演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図 18】噴射量補正ルーチンの処理の流れを示すフロ

ーチャート

【図19】実施形態(1)のモデルで演算した加速時の予測スロットル開度と予測筒内充填空気量の挙動の一例を示すタイムチャート

【図20】実施形態(2)の電子制御ユニットの機能を示すブロック線図

【図21】実施形態(3)の電子制御ユニットの機能を示すブロック線図

【図22】実施形態(4)の電子制御ユニットの機能を示すブロック線図

【図23】実施形態(4)の予測筒内充填空気量演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図24】実施形態(4)の現在の筒内充填空気量推定

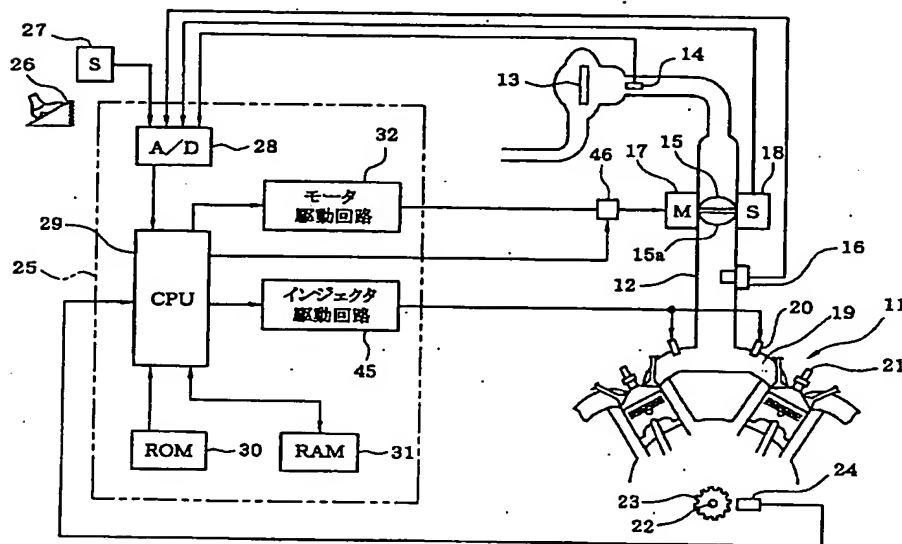
ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図25】実施形態(4)の将来の筒内充填空気量演算ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

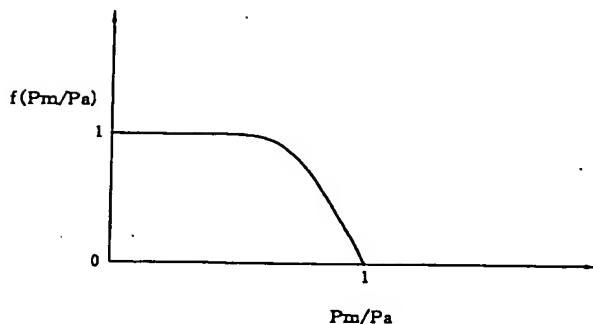
【符号の説明】

11…エンジン(内燃機関)、12…吸気管、14…エアフローメータ(吸入空気流量検出手段)、15…スロットルバルブ、16…吸気圧センサ、17…モータ(スロットルアクチュエータ)、18…スロットル開度センサ、19…吸気マニホールド、20…燃料噴射弁、25…電子制御ユニット(開度指令値演算手段、ディレイ手段、スロットル開度予測手段、筒内充填空気量予測手段、燃料噴射量演算手段)、26…アクセルペダル、27…アクセルセンサ、32…モータ駆動回路。

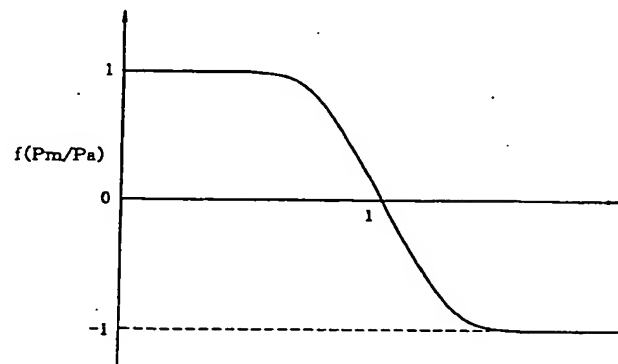
【図1】



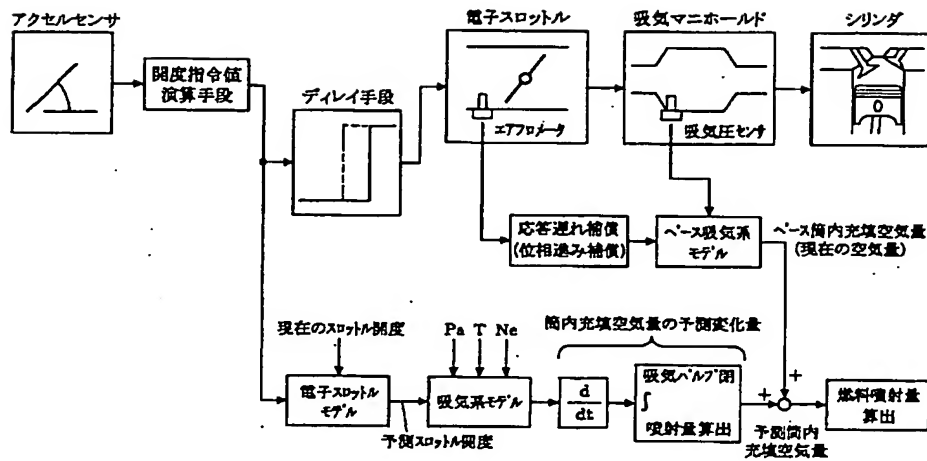
【図6】



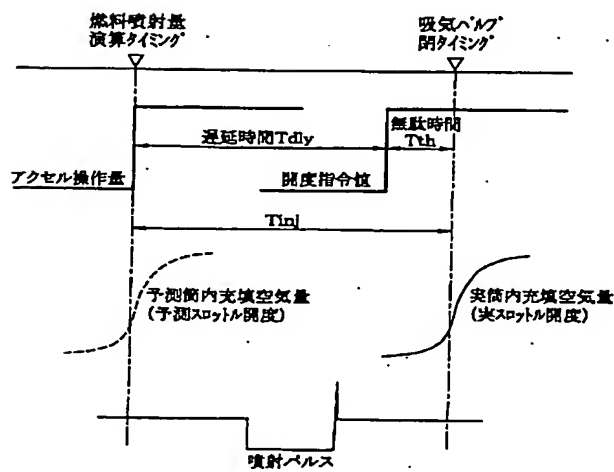
【図7】



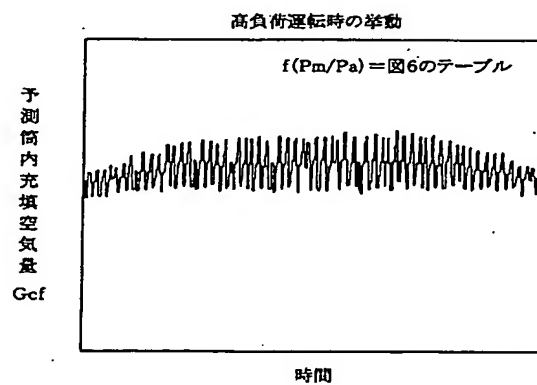
【図2】



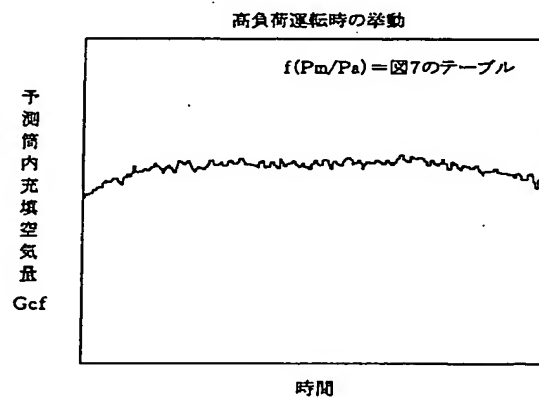
【図3】



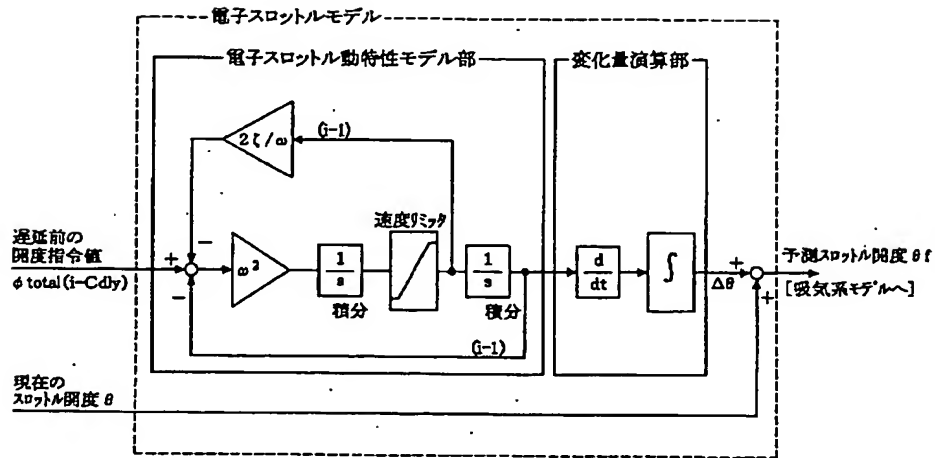
【図8】



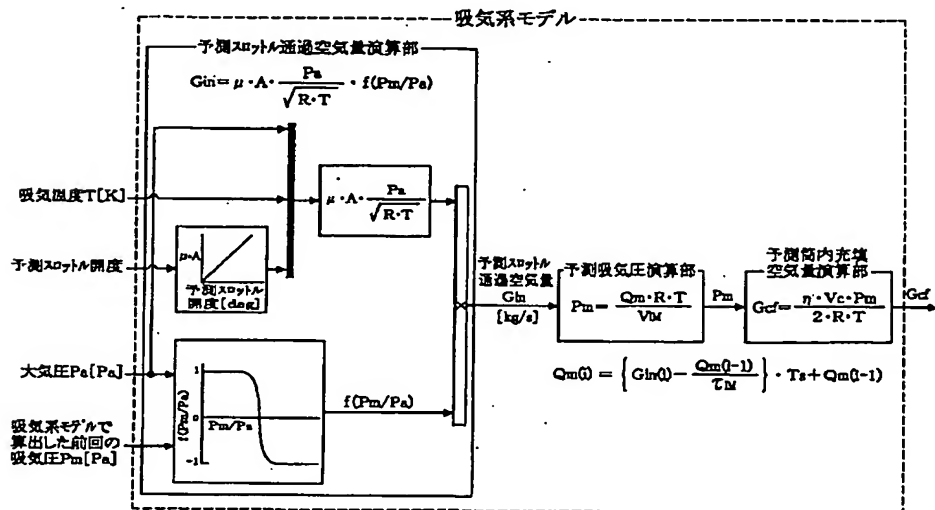
【図9】



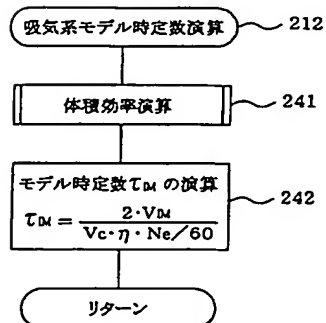
【図 4】



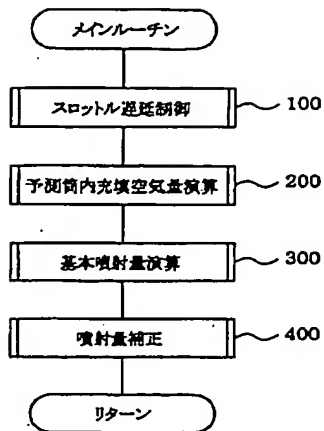
【図 5】



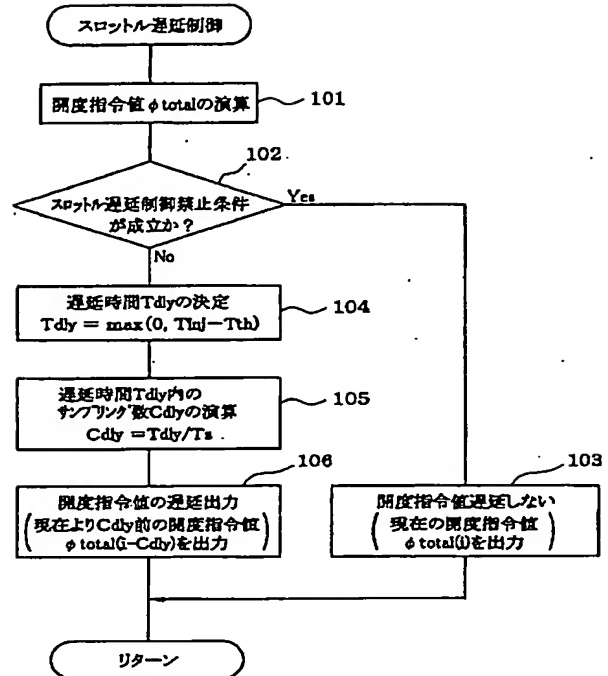
【図 16】



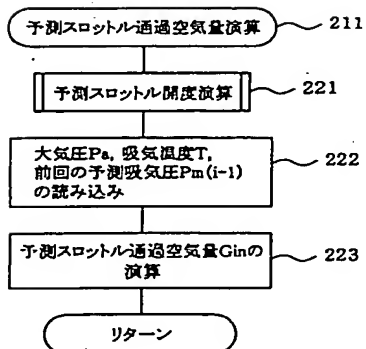
【図10】



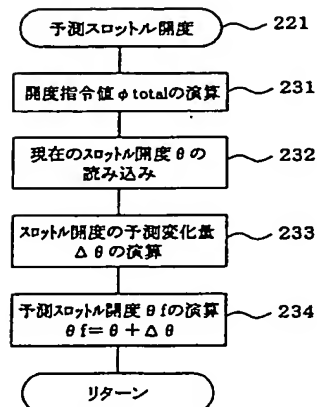
【図11】



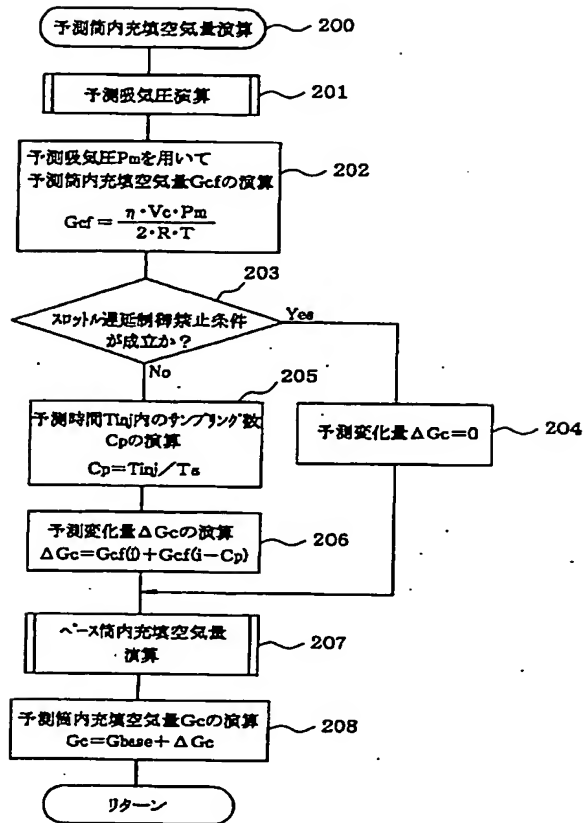
【図14】



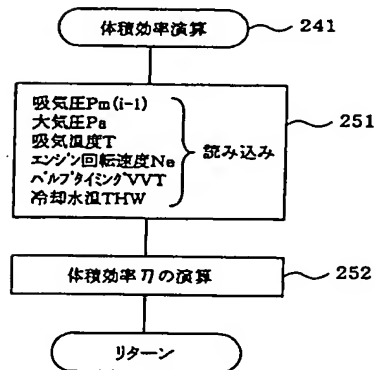
【図15】



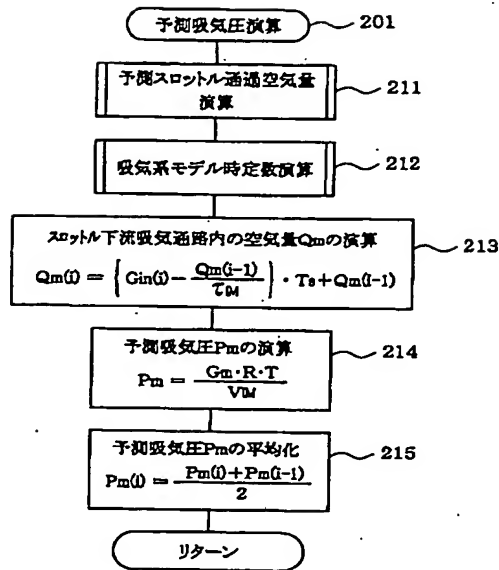
【図12】



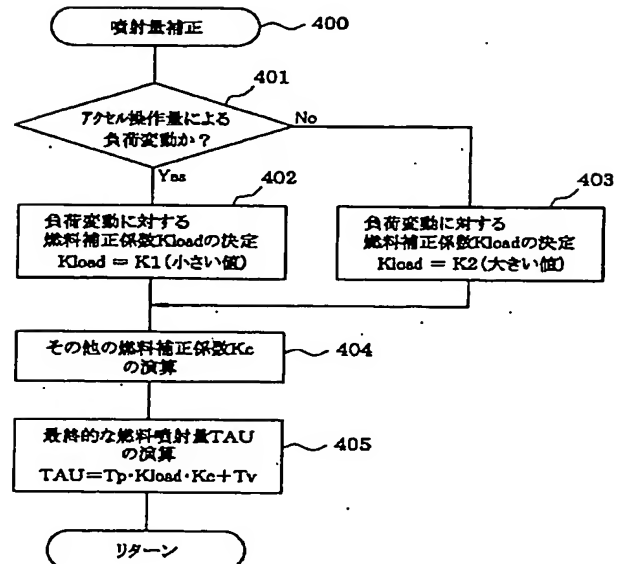
【図17】



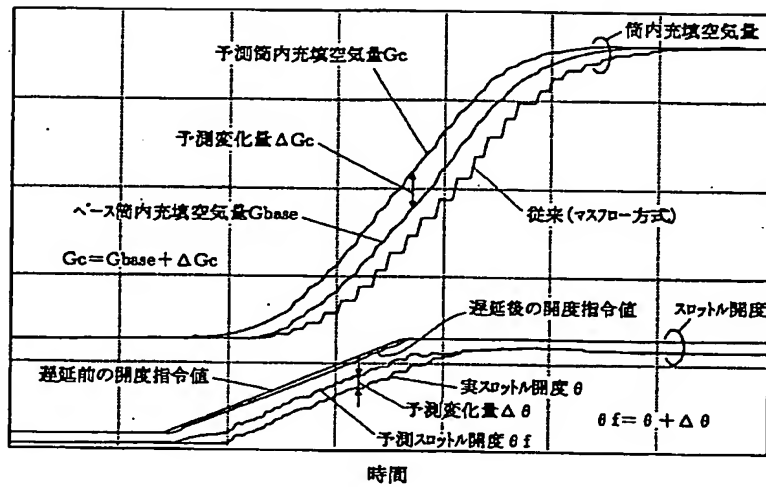
【図13】



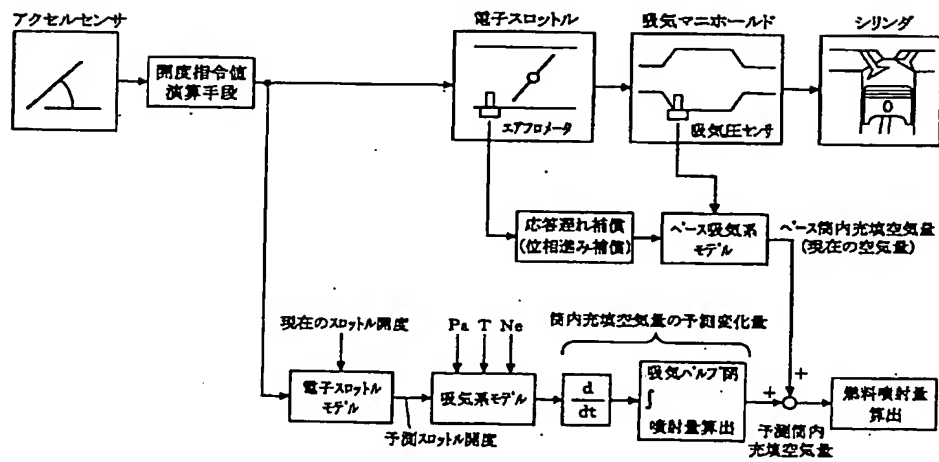
【図18】



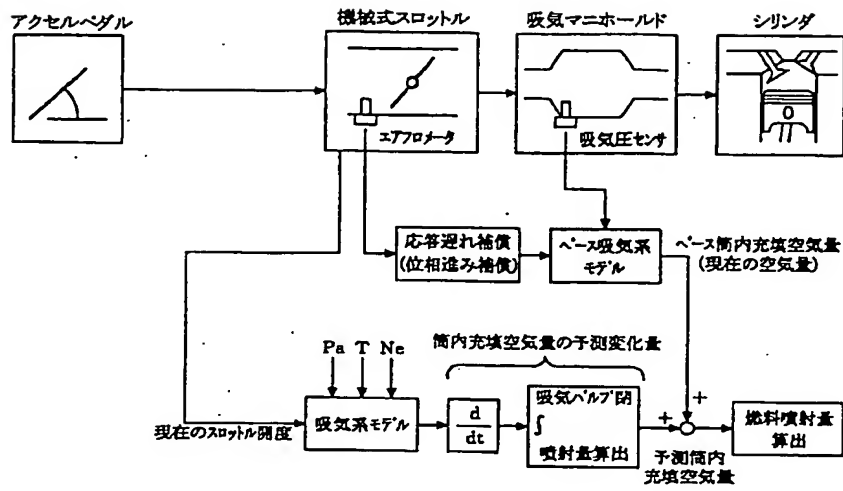
【図19】



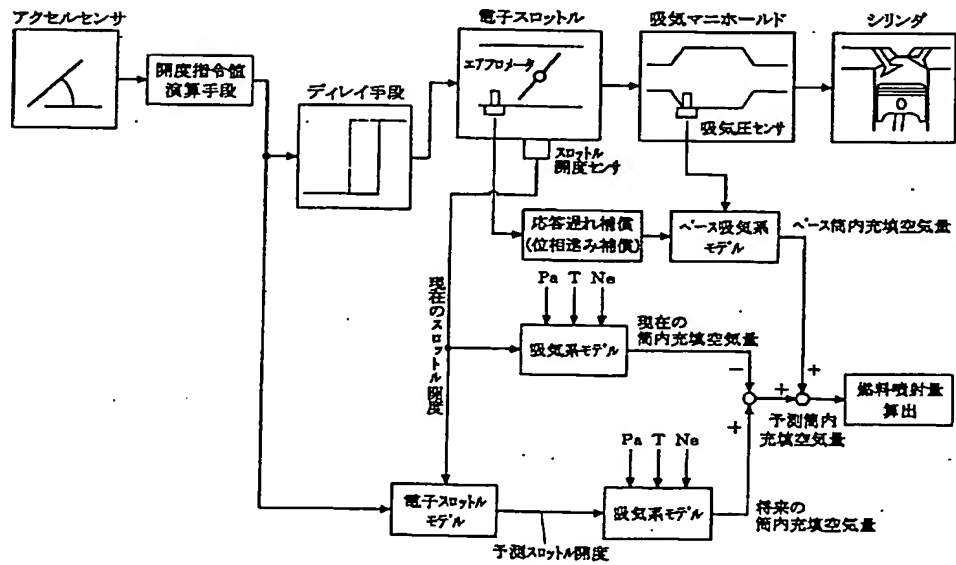
【図20】



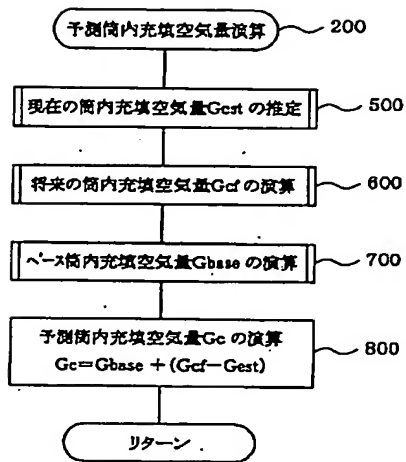
【図21】



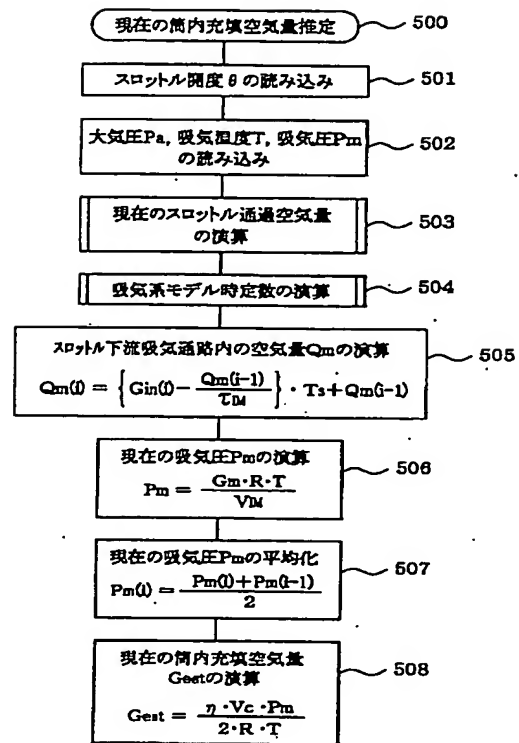
【図22】



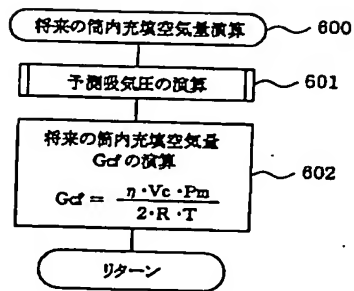
【図23】



【図24】



【図25】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7		識別記号	F I		テーマコード* (参考)
F 0 2 D	11/10		F 0 2 D	11/10	
	29/00			29/00	F
	41/04	3 0 5		41/04	D
		3 3 0			3 0 5 B
					3 3 0 B
					3 3 0 C
	41/06	3 3 0		41/06	3 3 0 B
	41/08	3 3 0		41/08	3 3 0 B
	43/00	3 0 1		43/00	3 0 1 H
					3 0 1 K

Fターム(参考) 3G065 CA11 DA05 DA06 DA15 EA04
EA05 FA04 FA12 GA05 GA10
GA27 GA46 HA06 HA21 HA22
JA04 JA09 JA11 KA02
3G084 BA04 BA09 BA13 BA15 CA01
CA02 CA03 DA04 EA04 EB02
EB06 EB12 EB16 EB25 EC01
EC04 EC07 FA08 FA10 FA11
FA13 FA26 FA36 FA39
3G093 AA05 BA14 CA01 CA03 CA04
DA01 DA03 DA06 DA07 DA09
EA09 FA02 FA04 FA07 FA11
FA14
3G301 HA01 JA03 JA28 JA29 KA01
KA05 KA07 KA12 LA03 LB02
LC04 MA01 MA12 NA02 NA07
NA09 NB06 ND02 ND45 NE22
PA01Z PA07Z PA11A PA11Z
PE01Z PE03Z PF03Z